

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
FAKULTA TĚLESNÉ VÝCHOVY A SPORTU

Katedra anatomie a biomechaniky

**Biomechanické následky tržných poranění musculus levator ani vzniklých při
vaginálním porodu**

*The biomechanical effects of levator ani muscle laceration injuries after vaginal
delivery*

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

PhDr. Petr Šifta, Ph.D.

Vypracoval:

Bc. Petr Křepelka

Praha 2013

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 7. 12. 2012

Bc. Petr Křepelka

Evidenční list

Souhlasím se zapůjčením své diplomé práce ke studijním účelům. Uživatel svým podpisem stvrzuje, že tuto diplomovou práci použil ke studiu a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno a příjmení:

Fakulta/katedra:

Datum vypůjčení:

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě děkuji za metodické a odborné vedení školiteli PhDr. Petru Šiftovi, Ph.D. z katedry anatomie a biomechaniky FTVS. Dále děkuji konzultantovi pro obor gynekologie a porodnictví doc. MUDr. Michalu Otčenáškov, CSc. z gynekologicko-porodnické kliniky FN na Bulovce a konzultantovi pro obor biomedicínských technologií Ing. Zdeňku Horákovi, Ph.D. z fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT za pomoc při zpracování zvoleného tématu.

Abstrakt

- Název:** Biomechanické následky tržných poranění musculus levator ani vzniklých při vaginálním porodu
- Cíle:** Cílem práce je shrnout současné poznatky o normální struktuře a funkci musculus levator ani a poznatky o dysfunkcích pánevního dna. Pomocí nástrojů biomechaniky analyzovat uzavírací síly dolní části musculus levator ani (musculus puborectalis) při jednostranném avulzním poranění. Na základě počítačové simulace biomechanických vlastností pánevního dna při avulzním poranění popsat teoretická východiska pro terapii hlavních typů dysfunkce pánevního dna.
- Metody:** Použita biomechanická analýza pomocí geometrického počítačového modelu svalového pánevního dna pomocí modulu ABAQUS. Na model s přiřazenými vlastnostmi svalové tkáně bylo působeno standardním tlakem, který působí na pánevní dno u stojící osoby s tělesnou hmotností 80 kg v klidových podmínkách. Na modelu bylo simulováno jednostranné avulzní poranění a sledovány biomechanické proměnné při kompenzatorní aktivaci neporaněných částí levátoru s aktivitou 100%, 50% a 10%. Hodnocena mapa svalového tonu a míra posuvu svalového pánevního dna.
- Výsledky:** U intaktního pánevního dna je při konstantním klidovém zatížení pozorován pouze minimální posuv, nejnižší hodnoty svalového tonu jsou v oblasti urogenitálního hiatu. Při avulzním poranění se hodnoty napětí a dislokace levátoru mění v závislosti na míře aktivace intaktní části levátoru. Oddělená část levátoru se posouvá ve směru neporušeného svalu. Posuv je tím menší, čím vyšší je kompenzační aktivace svalu. Výsledky pozorování představují teoretický základ pro určení terapeutického modelu u poporodních dysfunkcí pánevního dna, kdy fyzioterapeutické metody budou vhodné zejména v případech absence svalového defektu.
- Klíčová slova:** pánevní dno, musculus levator ani, porodní poranění, avulze, dysfunkce pánevního dna, biomechanický model.

Abstract

Title: **The biomechanical effects of levator ani muscle laceration injuries after vaginal delivery**

Objectives: The aim of this thesis is to sum up current knowledge about the normal structure and function of levator ani muscle and findings about dysfunctions of a pelvic floor. By means of biomechanical instruments to analyse how the lower part of levator ani muscle closes (puborectalis muscle) during unilateral avulsion lesion. On the basis of computer simulation of biomechanical properties of the pelvic floor during avulsion lesion to describe the theoretical solutions for the therapy of the main types of dysfunctions of the pelvic floor.

Methods: Biomechanical analysis was used with a help of computer model of muscular pelvic floor with a help of the ABAQUS model. This model with matched properties of muscular tissue was influenced by the standard pressure which influences the pelvic floor for a person of 80 kilos standing at rest. This model simulated unilateral avulsion lesion and biomechanical variables were observed during compensatory activation of uninjured parts of levator with the activity 100%, 50% and 10%. The map of the muscular tone and the rate of movement of the muscles of the pelvic floor were evaluated.

Results: Only minimal movement is observed in the intact pelvic floor during constant and calm load, the lowest values of muscular tone are in the area of the urogenital hiatus. During avulsion lesion the values of tension and dislocation of the levator change according to the rate of activation of the intact part of the levator. The separated part of the levator moves in the direction of the intact muscle. The smaller the movement is the higher the compensatory activation of the muscle. The results of observation represent the theoretical basis for the determination of the therapeutic model in post-natal dysfunctions of the pelvic floor, when the physiotherapeutic methods will be particularly suitable in cases of the absence of the muscular defect.

Keywords: pelvic floor, levator ani muscle, birth injuries, avulsion, dysfunction of the pelvic floor, biomechanical model.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
1. ÚVOD.....	10
1.1. Cíl práce	10
1.2. Teze.....	10
2. TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE.....	11
3. ANATOMIE	13
3.1. Stručný přehled anatomie malé pánve ženy	14
3.1.1. Stěna malé pánve	14
3.1.2. Pánevní fascie	14
3.1.3. Svaly	16
3.1.3.1. Musculus levator ani	16
3.1.3.2. Membrana perinei	21
3.1.4. Močový měchýř	21
3.1.5. Močová trubice	22
3.1.6. Pochva	24
3.1.7. Konečník.....	27
4. VLIV PORODU NA PÁNEVNÍ ORGÁNY A JEHO NÁSLEDKY.....	28
4.1. Svaly pánevního dna během porodu	29
4.2. Poporodní poškození pánevního dna	29
4.3. Avulzní poranění	30
4.3.1. Diagnostické metody avulze	32
4.4. Fekální inkontinence a poranění svěrače anu	36
4.5. Inkontinence moči a porod.....	36
4.6. Prolaps pánevních orgánů a dysfunkce pánevního dna.....	37
4.6.1. Vyšetření prolapsu pánevních orgánů	37
5. METODY UŽÍVANÉ ZEJMÉNA K LÉČBĚ STRESOVÉ INKONTINENCE MOČI Z POHLEDU FYZIOTERAPIE	39

5.1.	Gymnastika svalů pánevního dna	39
5.1.1.	Historický přehled	39
5.1.2.	Metoda cvičení pánevního svalstva – biologické předpoklady	40
5.1.3.	Tréninkové principy	40
5.1.4.	Výsledky léčby – hodnocení	41
5.1.5.	Léčba stresové inkontinence moči pomocí GSPD	41
5.1.6.	Prevence stresové inkontinence moči pomocí GSPD	41
5.1.7.	Vhodné pacientky pro gymnastiku svalů pánevního dna	41
5.1.8.	Dosažené výsledky při užití GSPD	42
5.2.	Biofeedback	42
5.3.	Elektrická stimulace	43
6.	BIOMECHANICKÁ ANALÝZA	45
6.1.	Metodika	45
7.	Výsledky	47
8.	DISKUZE	60
9.	ZÁVĚR	63
10.	LITERATURA	64

Seznam použitých symbolů a zkratk

CT – computer tomography – počítačová tomografie

E – modul pružnosti

MPa - megapascal

MRI – magnetic resonance imaging – zobrazení magnetické rezonance

FCAT - Federative Committee on Anatomical Terminology

m. – musculus - sval

mm. – musculi – svaly

μ – Poissonovo číslo

IAT – intraabdominální tlak

GSPD – gymnastika svalů pánevního dna

SI – stresová inkontinence

č. – číslo

1. Úvod

Dobrá funkce pánevního dna ženy ovlivňuje celou řadu důležitých fyziologických mechanismů. Jeho porucha může mít velký vliv na kvalitu života ženy. Jedním z důležitých předpokladů funkce pánevního dna jako celku je dobrý funkční a morfologický stav musculus levator ani. Z moderní literatury, podložené i literaturou historickou však vyplývá, že velká část žen (v průměru 30%) při normálním vaginálním porodu utrpí závažné poranění tohoto svalu.

Rehabilitační lékařství se touto svalovou skupinou zabývá v rámci léčby inkontinence moči, stolice, algických pánevních stavů a mírných sestupů poševních stěn. Je zarážející, že diagnostické a léčebné postupy v současné době neodrážejí výše uvedený typ defektu, přestože je pravděpodobné, že přítomnost závažné ruptury svalu si žádá jiný přístup než u jiných forem svalové dysfunkce.

1.1. Cíl práce

- 1) Shrnout současné poznatky o normální funkci m. levator ani.
- 2) Shrnout současné metody používané k léčbě dysfunkcí pánevního dna.
- 3) Pomocí nástrojů biomechaniky analyzovat uzavírací síly dolní části m. levator ani (musculus puborectalis) po jednostranné avulzi.
- 4) Popsat teoretická východiska pro léčbu hlavních typů dysfunkce musculus levator ani.

1.2. Teze

- 1) Biomechanické vlastnosti intaktního pánevního dna se liší od biomechanických vlastností pánevního dna s avulzním poraněním.
- 2) Biomechanické vlastnosti pánevního dna s avulzním poraněním jsou kompenzovány aktivací musculus levator ani. Míra této aktivace vyjádřená v procentech ovlivňuje biomechanické vlastnosti pánevního dna.

2. Teoretická východiska práce

Doba těhotenství a porodu přináší významné změny ve struktuře a funkci pánevního dna. Vaginální porod může způsobit závažná poranění svaloviny, závěsného vaziva a nervů. Vzorec poranění je individuální, a může být příčinou inkontinence moči, inkontinence stolice, různých forem sestupu poševních stěn, sexuální dysfunkce a algických stavů.

Do terénu individuálního poranění dále vstupují další biologické faktory – stárnutí, polyneuropatie, svalové dysfunkce, neuromuskulární blokády a jiné. Snahou lékařů a terapeutů je co nejpřesnější diagnostika a posouzení vlivu výše uvedených stavů na obtíže pacienta. Samozřejmostí je snaha cíleně zasáhnout. Význam intenzivního posilování svalstva u závažných tržných poranění svaloviny nebo u desetiletí trvající neurogenní léze je jistě jen marginální. Naproti tomu u pacientky s neuromuskulární dyssynergií nebo hypofunkce z inaktivity je kvalitní rehabilitace základním stavebním kamenem léčby. U smíšených forem by rehabilitace měla předcházet jakýmkoliv invazivním metodám.

V klinické praxi hraje nezastupitelnou roli správná diagnostika těchto stavů pomocí klinického vyšetření, ultrazvuku, počítačové tomografie (CT) a magnetické rezonance (MRI).

Naše práce se zabývá porodním poraněním musculus levator ani. Poranění levátoru v průběhu vaginálního porodu je poměrně časté, vyskytuje se přibližně ve 13% případů při jinak nekomplikovaném vaginálním porodu (Shek KL, 2010) a na obou stranách pak ve 3% případů (Cassadó Garriga J, 2011). U klešťového porodu se vyskytuje až v 70% (Krofta L, 2009). Příčinou je extrémní roztahení svalu při průchodu hlavičkou oblastí, která obkružuje hiatus urogenitalis. Svalovina se zde musí roztáhnout více než 3x (Lien K, 2004). Dostává se tedy na samou hranici pevnosti. Při jejím překročení svalovina praská.

Vynikající klinický popis nacházíme ve Weignerově „Topografické anatomii“ z roku 1934 (Weigner K, 1934). „Svalová insuficience svěrače pánevního vzniká nejčastěji traumatem, úplným roztržením svalu nebo zpravidla natržením jeho při začátku na kosti stydké, což se přichází rozličnou měrou při každém porodu, tím se štěrbina zdvihače řitního rozestoupí a nabývá tvaru otupeného V“.

Je zřejmé, že toto poranění snižuje funkci této svalové skupiny jako „svěrače“ hiatus urogenitalis. Tedy, funkčního svěrače močové trubice, pochvy a anorekta. Úbytek funkce tohoto svěrače z důvodů svalové hypofunkce či dysfunkce, nebo z výše uvedených příčin se může klinicky projevovat naprosto stejně. Nelze však předpokládat stejný efekt rehabilitační léčby. Je překvapivé, že současná věda přistupuje k tomuto problému na základě symptomů, nikoliv na základě příčinného patologického stavu. Autor se snaží poukázat na tento paradox a zdůraznit nutnost přesné indikace k rehabilitační léčbě. Základní biomechanická rozvaha v dostupné literatuře zcela chybí. Na základě prostorového biomechanického modelu byla provedena základní analýza napětí a zatížení normálního svalu a svalu s jednostrannou avulzí.

3. Anatomie

Malá pánev je anatomická oblast, ve které se nachází několik orgánových systémů. Termínem „pánevní dno” označujeme soubor orgánů uložených v kaudální oblasti malé pánve. Stýká se zde močový, pohlavní a trávicí trakt a společně s nervosvalovým, cévním a kostěným aparátem vytvářejí složitý celek. Dobrá funkce pánevního dna ovlivňuje mnoho důležitých aspektů života ženy. Je klíčová pro kontinenci moči a stolice, pro pohlavní život a plní důležitou úlohu při porodu. Již drobné poruchy jeho dna mohou mít velký vliv na kvalitu života ženy. Pánevní dno formálně rozčleňujeme na vlastní orgány (močová trubice a močový měchýř, pochva a děloha, konečník a řiť) a jejich podpůrný a závěsný aparát. Podpůrným aparátem rozumíme svaly *membrana perinei* (dříve *diaphragma urogenitale*) a *diaphragma pelvis* (*musculus levator ani*). Závěsný aparát je tvořen sítí vláken pojiva poutající měchýř, dělohu, pochvu a konečník ke stěnám pánve. Tento závěsný aparát je formálně nazýván pánevní viscerální fascie (FCAT, 1998). Ve starší anatomické a současné chirurgické literatuře je pro tuto strukturu používán termín „endopelvická fascie“ (*fascia endopelvina*) (DeLancey, 1992; Curtis, 1939; Halban, 1907). Tato „fascie” je tvořena kolagenem, elastinem a nonvaskulárními elementy hladkého svalstva. Prochází jí krevní a lymfatické cévy a nervy (Berglas, 1953). Integrita viscerální pánevní fascie společně s dobrou funkcí neuromuskulárního podpůrného aparátu ovlivňuje polohu orgánů charakteristickou pro kontinenci a evakuaci moči a stolice. V klinické i anatomické literatuře je popis pánevní viscerální fascie často roztržštěný do množství pojmů, které nejsou dostatečně vytyčeny a které popisují její jednotlivé části bez vztahu k celku. Zcela chybí popis celkového tvaru fascie a přesná definice jejích prostorových vztahů k parietálním strukturám. V důsledku toho je praktická komunikace značně ztížena a často selhává snaha o porozumění mezi dotčenými obory.

Příčin tohoto stavu je několik. Oblast pánevního dna je obtížně dostupná při operaci i při pitvě kvůli sevření kostěnou pávní. Relativně malý prostor je vyplněn mnoha orgánovými systémy, které můžeme pozorovat pouze za cenu odstranění části struktur. Proto je prakticky nemožné mít k dispozici preparát malé pánve se všemi zachovanými orgány. Při operaci či při pitvě se vztahy tkání liší oproti intravitálnímu stavu pro relaxaci svalové komponenty. Problémem je také vysoká incidence závažných porodních poranění, která jsou často zahrnuta do popisu normálních anatomických vztahů (DeLancey, 1993; Dietz HP, Lanzarone V, 2005; Dietz HP, Schielitz L, 2005;

Dietz HP 2006; Kearney, 2006; Dietz, 2007). Tyto výše zmíněné překážky znesnadňují zavedení obecně přijatelného názvosloví.

Výzkum pánevního dna je komplikován také tím, že neexistuje žádná zobrazovací ani klinická metoda, která by umožnila současně zobrazit a komplexně popsat všechny struktury této oblasti.

3.1. Stručný přehled anatomie malé pánve ženy

3.1.1. Stěna malé pánve

Kostra je tvořena oběma pánevními kostmi pod *linea pectinea*, vnitřní plochou kosti křížové a kostrče.

Foramen obturatorium je uzavřeno vazivovou membránou (*membrana obturatoria*), která slouží jako část začátku hlavy m. obturatorius internus. Šlacha musculus obturatorius internus vystupuje z malé pánve skrze *foramen ischiadicum minus* (pod *spina ischiadica*).

3.1.2. Pánevní fascie

Pánevní fascii formálně dělíme na parietální fascii, která pokrývá svaly malé pánve a na viscerální fascii, která přechází na pánevní orgány a vede k nim cévní a nervové zásobení.

3.1.2.1. Fascia pelvis parietalis

Fascie pokrývá svaly malé pánve, při jejich okrajích přecházejí na periost okolních pánevních kostí. Dále se dělí podle svalů, které pokrývá.

1. *Fascia obturatoria* pokrývá vnitřní plochu *musculus obturatorius internus*.
2. *Fascia piriformis* – tenká fascie, která pokrývá *musculus piriformis* a přechází i na ventrální kořeny sakrální pleteně (*plexus sacralis*). Z této fascie se odštěpují kolagenní vlákna, která doprovází *nervi splanchnici pelvici* odstupující z *plexus sacralis* a společně tvoří část *ligamentum uterosacrale*.

3. Fascie *diaphragma pelvis (musculus levator ani)*. Tato fascie pokrývá oba (horní i dolní) povrch *diaphragma pelvis*.

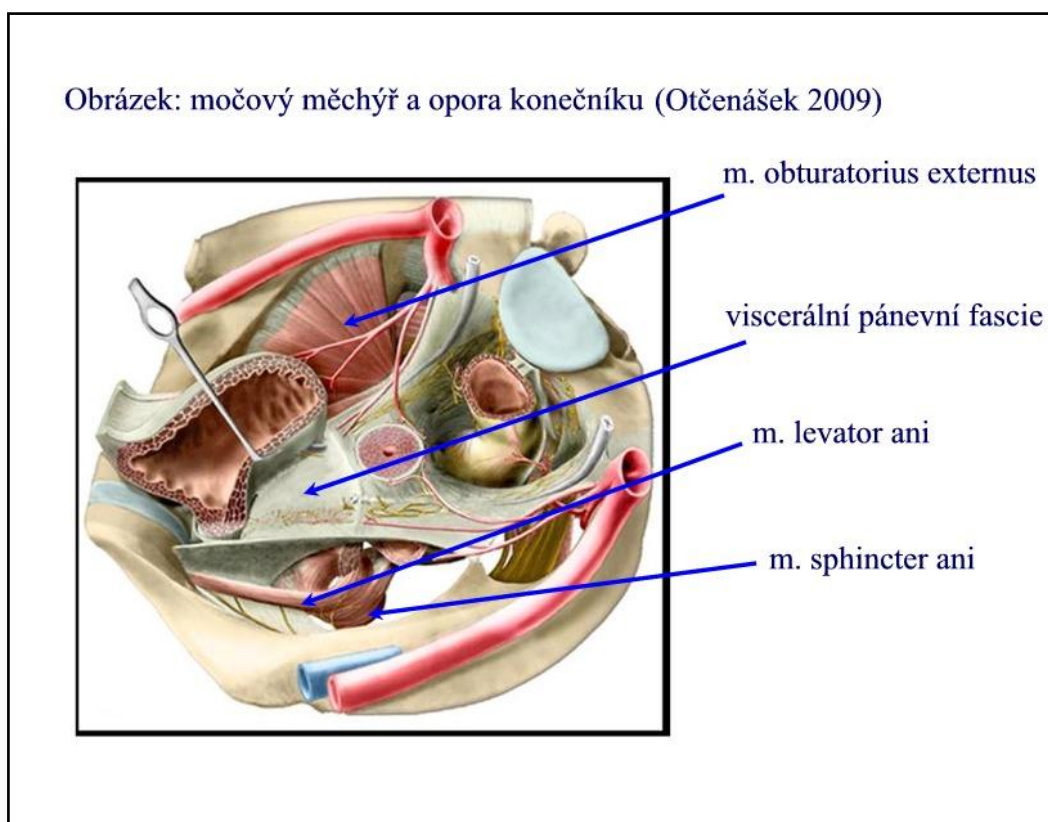
a) Horní fascie *diaphragma pelvis (superior fascia of the pelvic diaphragm, angl.)*. Tato fascie pokrývá horní plochu *m. levator ani*. V oficiální anatomické nomenklatuře je právě tato fascie spolu s *fascia obturatoria* a *fascia piriformis* nazývána endopelvickou fascií. V jiném výkladu je termín „endopelvická fascie“ používán pro všechny fascie malé pánve – viscerální i parietální. V klinicky orientované literatuře převládá použití termínu „endopelvická fascie“ pro viscerální pánevní fascii. Horní fascie *diaphragma pelvis* přechází na *musculus levator ani* z těla kosti stydké (*os pubis*), horního ramene kosti stydké a horního ramene os sedací (*os ischii*), dále dorsálně z okraje *incisura ischiadica majus* a *spina ischiadica*. V místech, kde došlo k degeneraci horní části *musculus levator ani*, splývá s *fascia obturatoria*. Z jejího mediálního povrchu odstupuje viscerální pánevní fascie a přechází na orgány malé pánve.

b) Dolní fascie *diaphragma pelvis (inferior fascia of the pelvic diaphragm, angl.)*. Tato tenká fascie, která pokrývá spodní stranu *m. levator ani*, po stranách přechází ve *fascia obturatoria*. Pokrývá mediální stěnu *fossa ischioanal*, kaudálně přechází ve fascii *musculus sphincter ani externus* a upíná se na horní plochu *membrana perinei* (dříve *diaphragma urogenitale*).

3.1.2.2. Fascia pelvis visceralis

Viscerální pánevní fascie je tvořena kolagenem, elastinem, buňkami hladkého svalstva. Obklopuje pochvu a dolní část děložního krčku. Doprovází cévy a nervy, které zásobují močový měchýř, močovou trubici, pochvu, dělohu a rectum. Její úpony k pánevní stěně zajišťují stabilitu uvedených orgánů. Přetížení tohoto závěsu při deficitu podpory aktivní kosterní svalovinou vede k jejímu postupnému roztahání a následně k sestupu orgánů.

Obrázek č. 1: Viscerální pánevní fascie (soukromý archiv, Otčenášek, 2009).



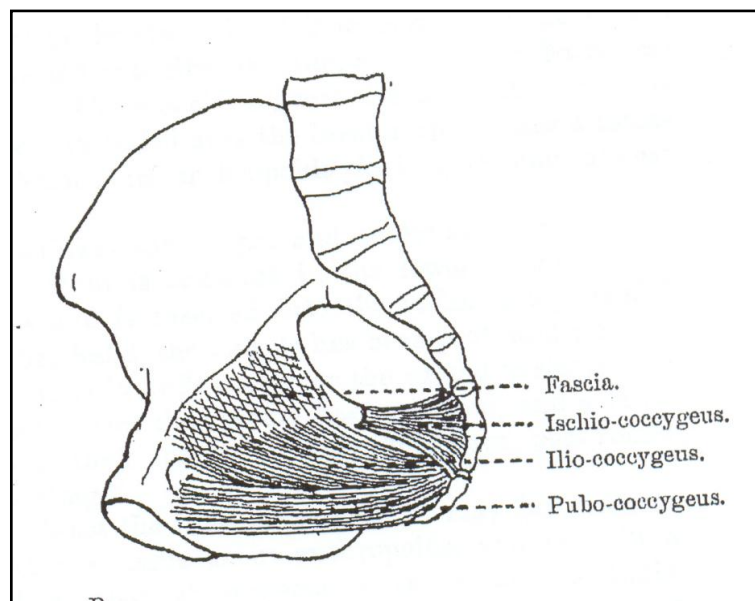
3.1.3. Svaly

3.1.3.1. Musculus levator ani

Jeden z prvních popisů tohoto svalu nacházíme v díle Andrey Vesalia (Vesalius, 1543; Levy, 1936; Dalley, 1987) („musculi sedem attolentes“ attolo, ere = zdvihati; sedes, is, f. = sedadlo). Pro makroskopickou podobnost s plochým svalem bránice byl Luschkou nazván pánevní bránicí (*diaphragma pelvis*) (Dickinson 1889). Existuje mnoho názorů na jeho členění, které se odráží v oficiální anatomické literatuře. Ve shodě s původními ilustracemi Luschky, Halbana a Thompsona předpokládám, že se jedná o jediný plochý sval, který odstupuje v nepřerušené linii od zadních ploch těla kosti stydké, od fascie *m. obturatorius internus* a dále od *spina ischidica* a přilehlé části *incisura ischiadica majus*

a ve střední čáře se stýká s kontralaterální porcí. U ocasatých primátů plní funkci flexoru ocasu. V průběhu fylogeneze došlo v souvislosti se ztrátou ocasu k modifikaci jeho funkce i uspořádání. Původně procházela linie jeho odstupu od těla kosti stydké na *linea pectinea* a dále dorzálně ke *spinae ischiadicae*. Postupně došlo k vazivové degeneraci horní části, která se upínala na *linea pectinea* (obrázek 2). Tato degenerovaná část, společně se svým fasciálním krytem („investing fasciae“, *angl.*), vytvořila aponeurózu (Dickinson, 1889). Dále došlo k posunu úponu této aponeurózy na pánevní stěně z *linea iliopectinea* na fascii *musculus obturatorius internus*. Horní okraj této aponeurózy se nazývá *arcus tendineus musculi levatoris ani* – ATLA. Ve své dorzální části se tato aponeuróza upíná na *spina ischiadica* a na přilehlou část kostěné *incisura ischiadica majus* (Smith, 1908). Poloha horního okraje této aponeurózy je individuálně značně variabilní, může být kdekoliv mezi *linea iliopectinea* a myšlenou čarou, která spojuje dolní část těla kosti stydké se *spina ischiadica* (tedy úrovní průběhu *arcus tendineus fascia pelvis*) (Thompson, 1901). Zároveň existuje široká variabilita v podílu mezi aponeurotickou a svalovou částí.

Obrázek č. 2: Degenerace části musculus levator ani přilehlý k linea iliopectinea.
(Fothergill 1908).



Nejčastěji popisované části m. levator ani jsou 1. m. ischiococcygeus, 2. m. iliococcygeus, 3. m. pubococcygeus, 4. m. puborectalis.

Musculus ischiococcygeus – někdy nazývaný *m. coccygeus seu coccygicus*. Odstupuje od okraje kostrče a pátého křížového obratle a upíná se na hrot a pánevní povrch *spina ischiadica* a přilehlou část *incisura ischiadica majus*. Většinou je značně atrofický a prakticky splývá s *ligamentum sacrospinum*, které je umístěno těsně za ním.

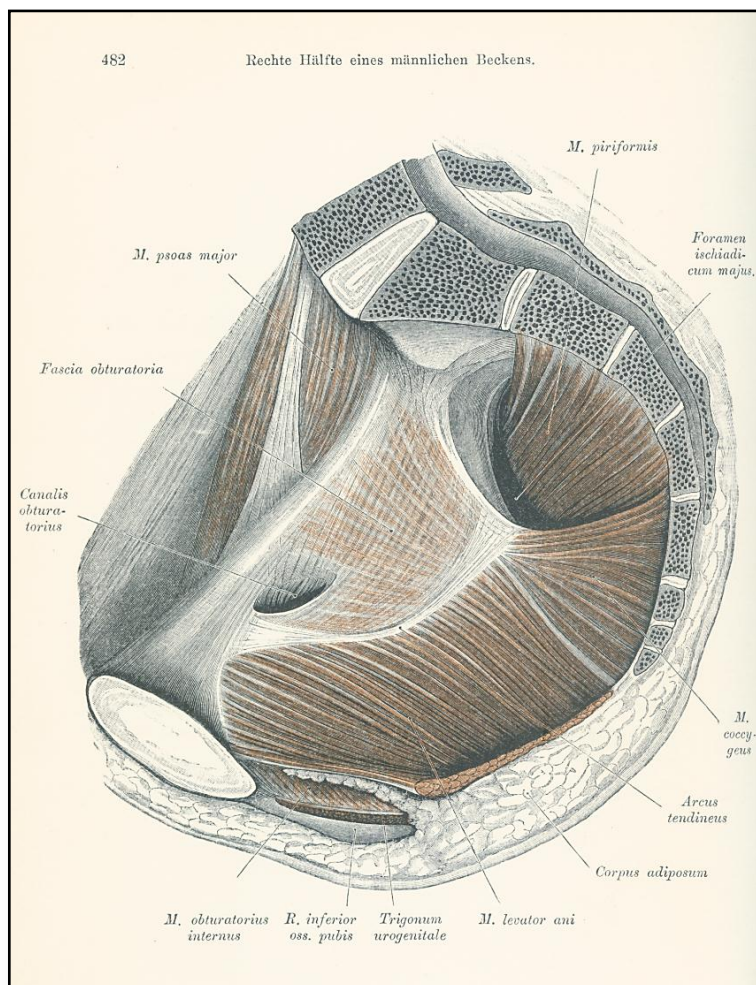
Musculus iliococcygeus - navazuje na dolní okraj *musculus ischiococcygeus*, ze strany odstupuje od *arcus tendineus m. levatoris ani* (viz výše). Zatímco jeho hranice s *musculus ischiococcygeus* je dobře patrná, hranice s *musculus pubococcygeus* byla určována myšlenou spojnici mezi předním okrajem *tuberositas ischiadica* a hranicí mezi *ramus superior ossis pubis* a *os ischii*. Místo, kde tato linie protínala *arcus tendineus m. levatoris ani*, určovala rozhraní obou svalových porcí. Tento postup znamenal nutnost přiřazení vláken odstupujících od kosti stydké s částí vláken odstupujících od ATLA do jedné skupiny, přestože tato hranice není nikterak přirozená a znesnadňuje pochopení problému. *M. iliococcygeus* je tenký, blanitý sval tloušťky do 2,5 mm, s mnoha aponeurotickými okrsky. Ve střední čáře se stýká s kontralaterální

porcí. Tato oblast spojení pravé a levé porce tvoří vazivovou raphe (raphe musculi iliococcygei *lat.*, iliococcygeal raphe *angl.*).

Musculus pubococcygeus odstupuje od zadní stěny těla kosti stydké a od přední části ATLA. V horní části navazuje na *m. iliococcygeus*. Jeho tloušťka je 6-8 mm. Probíhá téměř horizontálně, za konečníkem se stýká s kontralaterální porcí a společně obkružují *hiatus urogenitalis* (*hiatus urogenitalis lat.*, urogenital hiatus *angl.*). Rozhraní od *m. iliococcygeus* je čistě arbitrární - viz výše. Existují však i jiné názory na racionální rozdělení. V minulosti Lartschneider rozlišoval portio pubica a portio iliaca musculi levatoris ani (Holl, 1911). Podobně Sawage navrhoval pojmenovat tu část levatoru, která odstupuje od kosti stydké *m. pubococcygeus*, část odstupující od ATLA jako *musculus obturator-coccygeus* (Dickinson, 1889). Dalším problémem této nomenklatury je skutečnost, že vlákna odstupující od kosti stydké se v žádném případě neupínají na kostrč. Označení „coccygeus“ v termínech pubococcygeus a iliococcygeus je tedy chybný, reflektuje pouze fakt, že horní část svalu jako celku skutečně s kostrčí souvisí (horní část *m. iliococcygeus*) (Dickinson, 1889), (obrázek 2).

Na základě makroskopických preparátů vznikl v minulosti názor, že část vláken *musculus pubococcygeus* se upíná přímo do stěny močové trubice (*m. pubouretralis*), do stěny pochvy (*m. pubovaginalis*), do perinea (*m. puboperinealis*), do stěny rekta/anu – *m. puborectalis/puboanalisis*). Mikroskopické studie jednoznačně tyto vztahy popřely – uvedené orgány jsou se svaem spojeny skrze krátkou „fascii“ či ligamentem. Přesto se uvedené termíny dostaly do obecného užívání a jsou součástí oficiální anatomické nomenklatury. Ke zjednodušení této složité (navíc věcně chybné) nomenklatury byl navržen a je používán termín *musculus pubovisceralis* (Lawson, 1974).

Obrázek č. 3: Musculus levator ani z práce Tandlera (1907). Obrázek jsem zařadil pro jeho precizní vykreslení průběhu vláken jednotlivých porcí m. levator ani.



Z obrázku je zřejmé, že neexistují vlákna, která by spojovala kost stydkou s kostrčí. Název pubococcygeus je tedy nutno vnímat v kontextu fylogeneze, kdy slovo coccyx mohlo reprezentovat ocas u ocasatých primátů. Zde podle srovnávacích prací spojení kosti stydké s ocasem existuje (klokan, orangutan) (Thompson, 1901).

Musculus puborectalis – sval identický s dolní částí musculus levator ani. Některými autory je kladen vně *m. pubococcygeus* a vně *m. iliococcygeus* (Lawson, 1974).

Musculus coccygeus – tento sval je stejně jako m. levator ani součástí diaphragma pelvis. Jedná se o svalové snopce, které se přikládají k vnitřní (pánevní) ploše lig. sacrospinale a svalové snopce přimíšené k vazivovým snopcům ligamenta (Čihák, 2001).

3.1.3.2. Membrana perinei

(perineální membrána, dříve diaphragma urogenitale) (Oelrich, 1983)

Mezi dolními rameny kostí stydkých je napjata vazivově-svalová plotna, která částečně uzavírá *hiatus urogenitalis* (*membrana perinei lat.*, *perineal membrane angl.*). Prochází jí uretra a pochva, za pochvou před řití se spojuje v robustní strukturu zvanou centrum perinei (dříve centrum tendineum perinei *lat.*, *perineal body angl.*).

Mezi vazivovou tkání jsou promísené snopce příčně pruhovaného svalstva. Jejich podíl je značně variabilní. Tyto struktury byly dříve popisovány jako samostatný sval (*musculus transversus perinei profundus*) uzavřený mezi horní a dolní vazivovou ploténku (*fascia superior et inferior diaphragmae urogenitalis*). Tento celek byl označován jako *diaphragma urogenitale*. V moderní funkčně anatomické literatuře je nazýván *membrana perinei* a jeho svalovou komponentu tvoří *musculus compressor urethrae* (*compressor urethrae angl.*) a *musculus sphincter urethrovaginalis* (*sphincter urethrovaginalis angl.*) (DeLancey, 1986). Součástí perineální membrány jsou i kolem močové trubice cirkulárně uspořádaná vlákna, která přesahují i nad úroveň *membrana perinei* na střední třetinu močové trubice. Tato svalová skupina se nazývá *musculus sphincter urethrae externus* (*external urethral sphincter angl.*). Kontrakcí těchto vláken dochází ke snížení poddajnosti perineální membrány a ke kompresi močové trubice.

Na kaudální plochu urogenitální membrány jsou přiloženy povrchní svaly (*m. transversus perinei superficialis*, *m. ischiocavernosus* a *m. bulbocavernosus*) s malým významem pro podporu urogenitální soustavy.

3.1.4. Močový měchýř (*vesica urinaria, lat.*, *urinary bladder, angl.*)

Močový měchýř je dutý roztažitelný orgán, který plní dvojí funkci. Shromažďuje moč při nízkém napětí své stěny, naopak za mikce se stěna kontrahuje a moč je aktivně vypuzována.

Jeho stěnu tvoří sliznice s epitelem přechodného typu, svalovina a tenká vrstva adventicie. Jeho kraniální část je kryta viscerálním listem peritonea (Standring, 2005). Svalová vlákna jsou souborně označována jako *musculus detrusor vesicae urinariae*.

Hrdlo měchýře (bladder neck, *angl.*)

Část stěny močového měchýře, která obklopuje proximální uretru, se nazývá hrdlo měchýře. Je částí trigona vesicae urinariae – viz níže. Tato oblast slouží jako referenční bod zobrazovacích metod pro svou snadnou zobrazitelnost (Mouritsen, 1997).

V oficiální anatomické literatuře není tento termín zakotven.

Musculus detrusor vesicae urinariae (detrusor muscle, *engl.*)

Svalovinu močového měchýře tvoří interdigitující různě orientované snopce buněk hladkých svalů. Její zevní vrstva je uspořádána longitudinálně. Tato vrstva přechází i na horní část močové trubice, ve střední části močové trubice se mísí s příčně pruhovaným *m. sphincter urethrae externus*. Svalová vlákna střední vrstvy jsou orientována šikmo a cirkulárně. Vnitřní vrstva je longitudinální a její kaudální část utváří smyčku, jež je postavena v opozici ke smyčce zevní vrstvy. Svalovina je inervována parasympatickým systémem cestou *nervi splanchnici pelvici*, jejichž centrální synapse jsou uloženy v míšních segmentech S2-S4.

3.1.5. Močová trubice (*urethra*, *lat.*, *angl.*)

Asi 30 až 50 mm dlouhý a 6 mm široký dutý trubicovitý orgán. Začíná svým vnitřním ústím přibližně v úrovni středu symfýzy a běží dopředu dolů pevně spojena s přední poševní stěnou (Griffiths, 1996).

Mimo pasáž moči je lumen kolabované předozadně a sliznice je složena v podélné řasy. Na zadní stěně v proximální části je zesílená řasa, tzv. *crista urethralis*.

Klinické členění průběhu močové trubice v souvislosti s okolními strukturami je uvedeno v tabulce 1.

Tabulka 1 – Topografické vztahy močové trubice (DeLancey, 1986)

Lokalizace	Oblast uretry (klinické termíny)	Parauretrální struktury
0-20 %	Intramurální uretra	Lumen prochází stěnou měchýře
20-60 %	Střední uretra	Sphincter urethrae externus Spojení pochvy a levátorů
60-80 %	Membrana perinei	M. compressor urethrae M. sphincter urethrovaginalis M. sphincter urethrae extensus
80-100 %	Distální uretra	M. bulbocavernosus

V horních dvou třetinách tvoří výstelku pokračování epitelu přechodného typu, v dolní třetině přechází v nerohovějící vícevrstevný dlaždicový epitel. *Lamina submucosa* je tvořena pojivovou tkání mezi výstelkou a vrstvou hladké svaloviny. Zejména v proximální části močové trubice je bohatá na cévy, které jsou ve fertilním věku bohatě vinuté, tenkostěnné, s mnoha arteriovenózními spojkami (Huisman, 1983).

Musculus sphincter urethrae internus

Skládá se ze zevní tenké cirkulární a vnitřní tlustší longitudinální vrstvy, nachází se v horní třetině uretry a ve střední části močové trubice plynule přechází v příčně pruhovaný svěrač. Hladká svalovina uretry je morfologicky identická se svalovinou měchýře. Jejich funkce pravděpodobně spočívá v udržení určitého bazálního napětí

stěny močové trubice. Hladký sval uretry je inervován parasympatickým nervovým systémem cestou *plexus hypogastricus inferior*.

Musculus sphincter urethrae externus

Je to příčně pruhovaný sval, který částečně obkružuje uretru a v její střední části zaujímá variabilně od 20 do 80 % její délky (tabulka 1). V proximální části jsou jeho vlákna uspořádána hlavně cirkulárně, distálněji vlákna přecházejí do urogenitální membrány a splývají s její svalovou komponentou (*musculus compressor urethrae* a *musculus sphincter urethrovaginalis*). Příčně pruhovaný sval uretry je inervován cestou *nervus pudendus*. Hlavní role příčně pruhovaných svalových vláken okolí uretry spočívá v okamžité kontrakci při zvýšení vnitrobřišního (intraabdominálního) tlaku. Zevní svěrač není pro kontinenci rozhodující, ale může ji v případě poruchy ostatních faktorů zajistit (Cardozo, 1997).

3.1.6. Pochva (*vagina lat., angl.*)

Je to fibromuskulární dutý orgán jdoucí od cervixu dělohy k poševnímu vchodu. Přední stěna je kratší, podle Grayovy anatomie průměrně 7,5 cm, zadní stěna delší, dle téhož pramene 9 cm (Standring, 2005). Sliznici tvoří nerohovějící vícevrstevný epitel. Další funkční vrstvou je hladká svalovina, která je se submukózou pevně spojena. Je tvořena vnitřní silnější vrstvou s cirkulárně uspořádanými snopci a tenčí zevní vrstvou s cirkulárním uspořádáním. Existují prameny, které existenci definovaných vrstev popírají a popisují svalovou stěnu s nepravidelně šikmo uspořádanými snopci.

Závěs pochvy je v klinické literatuře nejčastěji rozlišován do 3 úrovní (podle (DeLancey, 1992)).

Závěsný aparát pochvy

V této části práce předkládám nejčastěji používaný popis závěsné struktury pochvy podle současných respektovaných autorit (DeLancey, 1990; DeLancey, 1992; Cardozo, 1997). Popsány jsou tedy důležité části *fascia pelvis visceralis*, pro které klinická medicína používá termín „endopelvic fascia“ (*endopelvic fascia, angl.*).

První etáž - Level I (angl.)

Ve své kraniální části jsou na sebe přední a zadní stěna pochvy přiloženy a místa přechodu jsou ukotvena prostřednictvím dlouhých vláken parakolpií ke stěně pánve. Parakolpium sestává z perivaskulárního pojiva, hladké svaloviny, krevních a lymfatických cév a nervů. Místo úponu parakolpií je tvořeno zesílením *fascia pelvis parietalis*. Těmito vlákny je fixován horní pól pochvy - po jejich protěti dochází působením zvýšeného intraabdominálního tlaku k invaginaci horní části pochvy.

Pochva v rozsahu první etáže probíhá ve stoje téměř horizontálně a tvoří podporu močového měchýře. Ve své kaudální části se v oblasti uretrovezikální junkce stáčí o cca 135 stupňů a přechází do druhé etáže (level II). Tento ohyb se někdy označuje jako *promontorium vaginae*.

Porucha závěsu

Defekt v první etáži se projevuje jako cystokéla. Rozeznáváme cystokélu způsobenou defektem parakolpií – takzvanou trakční cystokélu. Může postihnout jednu nebo obě strany. Došlo-li k poškození mechanických atributů poševní stěny a střední části pubocervikální fascie – k jejich distenzi (roztahení), hovoříme o tzv. pulzní cystokéle. Klinicky je trakční cystokéla charakterizována vymizením vaginálních postranních záhybů, pulzní cystokéla pak vyhlazením příčných řas přední vaginální stěny.

Druhá etáž - Level II

V druhé (střední) etáži je pochva bližší stěně pánve a její parakolpium je kratší a více zahuštěné. Hladká svalovina, kolagen a elastin se přímo proplétají se svalovými vlákny mediální části musculus levator ani v oblasti proximální uretry (DeLancey, 1990).

Pochva zde má motýlovitý průřez. Přední křídla jsou fixována přímým spojením k musculus levator ani a k arcus tendineus fasciae pelvis. Toto spojení odpovídá tradičnímu popisu *fascia pubocervicalis*. Její dorzální ekvivalent je rektovaginální fascie, která spojuje zadní křídla poševního profilu krátkými vazy s horní fascií *m. levator ani* a představuje důležitý faktor fixace této etáže pochvy.

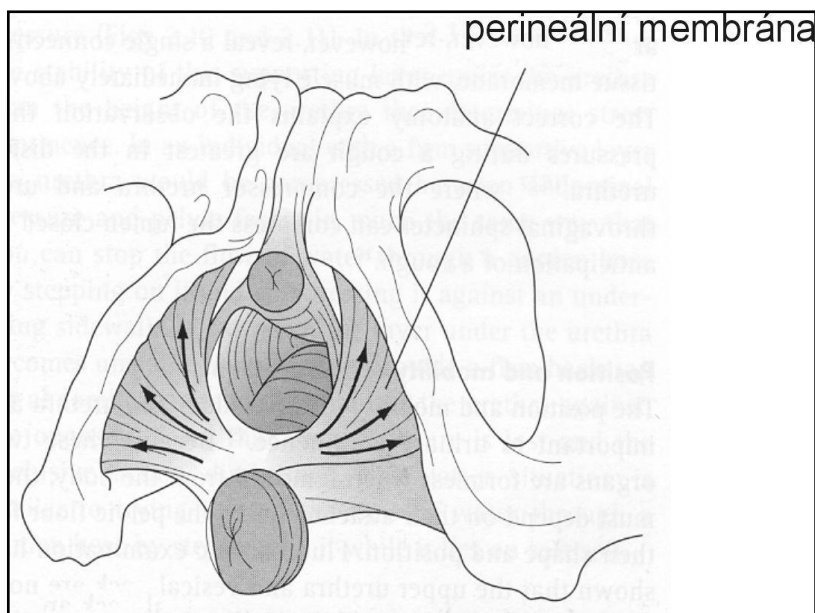
Porucha závěsu

Podle současných teorií kontinence je důležitou strukturou pro udržení moče tzv. hamaka – příčný závěs proximální uretry tvořený m. levator ani, úponem předních rohů pochvy druhé etáže a přední stěny pochvy. Defekt některého z těchto prvků vede k nedostatečné podpoře uretrovezikální junkce a její hypermobilitě. Většina závěsných operací je navržena tak, aby elevovala nebo podporovala právě tuto etáž. Při defektu vazů kotvících zadní rohy pochvy k m. levator ani dochází ke vzniku rektokély.

Třetí etáž - Level III

Distální část pochvy je bez prostřednictví pojiva spojena s okolními orgány - v přední stěně pochvy je pevně zavzata distální uretra a pochva zde má průřez tvaru písmene U. Souvisí i s *diaphragma urogenitale*, dorzálně pak s *centrum perinei*. Laterálně se dotýká mediálních okrajů m. levator ani. Tvar *membrana perinei* je znázorněn na obrázku č. 3.

Obrázek č. 4: Membrana perinei – pohled zdola (DeLancey, 1989).



Porucha závěsu

Při oslabení *centrum tendineum* dochází k tzv. distálnímu typu rektokély.

3.1.7. Konečník (*rectum lat., eng.*)

Hranice mezi colon sigmoideum a rektum je kladen do úrovně S3. K rektu je někdy přiřazován i anální kanál (*canalis analis lat., anal canal angl.*). Často se používá termín anorektum. Anorektum má dva ohyby v sagitální rovině a tři v transverzální rovině. *Flexura sacralis* je vyjádřena v oblasti, kde rektum kopíruje vyhloubení kosti křížové. V místě přechodu v *canalis analis* se ohýbá dorsokaudálně a tvoří *flexura perinealis*. Úhel, který svírá *canalis analis* s konečníkem nad anorektální junkcí se nazývá anorektální úhel. Ohyby rekta v transverzální rovině jsou tři: horní konvexní doprava, střední (nejvíce prominující) konvexní doleva a dolní konvexní doprava. Horní i dolní konce anorekta se nacházejí ve střední čáře. Často je v klinické praxi používána horní hranice rekta 15 cm nad zevní okraj *canalis analis*. Rektum se liší od colon sigmoideum zejména tím, že nemá haustrace, chybí *appendices epiploicae* a nepárové mesenterium je vytvořeno jen v horní části konečníku. Tudy je konečník zásoben krví cestou *arteria rectalis superior* (větvev *arteria mesenterica inferior*), krev je odváděna cestou *plexus rectalis superior* a inervace běží cestou *plexus hypogastricus superior*. Nižší etáž rekta má párové zásobení cévní, lymfatické i nervové. Krev je přiváděna cestou pravé a levé *arteria rectalis media* (větvev *arteria iliaca interna*), odváděna cestou *plexus rectalis medius*. Nervové zásobení této části rekta přichází skrze *plexus hypogastricus inferior* (také v párovém uspořádání). Podél cévního a nervového zásobení sbíhá na stěnu rekta tenká „fascie“, která tvoří dobře definovaný povrch na přední stěně (hranice s rektovaginálním chirurgickým prostorem) a na zadní stěně (hranice s chirurgickým retrorektálním prostorem). Nazývá se Waldayerovou fascií. Laterální partie obsahující cévní a nervové struktury se nazývají pilíře rekta či laterální ligamenta rekta (*Lig. recti laterale lat., Lateral ligament of rectum; Rectal stalk angl.*).

Canalis analis a okolní komplex zevního svěrače rekta jsou zásobovány cestou *arteria rectalis inferior* (větvev *arteria pudenda interna*). Nervové zásobení cestou párových *rami rectales n. pudendi interni*.

Tři *taenie* tvořené podélně uspořádanou hladkou svalovinou, které jsou zřetelně konstituovány ve stěně *colon sigmoideum*, se spojují v souvislou vrstvu podélné svaloviny cca 5 cm nad hranicí konečníku a *colon sigmoideum*. Při vyprázdněném rektu je sliznice složena v několik podélných řas, které se při roztažení zploští. Existují tři příčné semilunární řasy, které jsou nejvíce patrné při rozepjatém rektu.

Musculus sphincter ani internus

Je ztluštělým pokračováním cirkulární svaloviny rekta. Jeho tloušťka je zpravidla 1,5 až 3,5 mm. Vlákná jsou v jeho horní části uspořádána šikmo, v dolní části horizontálně.

Musculus sphincter ani externus

Již od dob Santoriniho (1715) jsou popisovány tři jeho části. 1. pars profunda (pars profunda *lat.*, deep part *eng.*), 2. pars superficialis (pars superficialis *lat.*, superficial part *angl.*), 3. pars subcutanea (pars subcutanea *lat.*, subcutaneous part *angl.*) (Santorini, 1715). Tyto části však tvoří souvislý funkční a morfologický celek. Pars profunda je tvořena ventrálně otevřenou smyčkou, jejíž ramena se upínají na tělo kosti stydké a horní plochu perineální membrány, a navazuje na dolní vlákna musculus puborectalis. Pars superficialis je tvořena cirkulární svalovinou, která nejvíce připomíná klasický svěrač. Jeho přední část je spojena ipsilaterálně i kontralaterálně probíhajícími vlákny s centrum perinei, zadní část běží dorzálně a tvoří *ligamentum anococcygeum* (lig. anococcygeum *lat.*, anococcygeal ligament *angl.*). Pars subcutanea představuje eliptický tenký sval umístěný v podkoží, který se stejně jako pars superficialis upíná vpředu na centrum perinei a dorzálně přechází v *ligamentum anococcygeum* a upíná se na kostrč. Existují názory, že svěrač má jen dvě části – hluboká část je popisována jako součást puborektální svaloviny, která je částí musculus levator ani (Shafik 1975).

4. Vliv porodu na pánevní orgány a jeho následky

Nejdůležitější strukturou pánevního dna je musculus levator ani a fascie, které pokrývají jeho vnitřní a zevní povrch. Tyto struktury uzavírají dolní pól pánve jako nálevka a tvoří pánevní dno. Tloušťka m. levator ani se pohybuje od 3 do 5 mm. Nejtlustší je v okolí rekta a vagíny, v těhotenství hypertrofuje. Při porodu dochází k průchodu hlavičky plodu s průměrem okolo 10 cm porodními cestami. V průběhu porodu se komprimují svaly a vazivové struktury pánevního dna. Jako dilatátor v první době porodní slouží blány a naléhající část, která způsobuje tlakem na měkké porodní cesty po odtoku vody výrazné změny. Největší změnou je prodloužení vláken levátorů a ztenčení perinea v jeho centrální části. Ta se z klínovité masy silné 5 cm přeměňuje na průsvitnou membranózní strukturu tenčí jak 1 cm. V okamžiku maximální dilatace perinea, anus se

rozevírání a začíná se tvořit otvor o průměru 2-3 cm. Tímto otvorem je vidět přední stěna rektu. Svaly dosahují dilatací stavu elastického limitu jejich fasciálního povrchu. Poté je zastaveno jejich další napínání. Elastického limitu dosahuje též perineum. V těchto strukturách musí hlavička dilatovat otvor prodloužením svalové a pojivové tkáně o průměru 10 cm a obvodu 31 cm (Halaška et al., 2004, s.174).

4.1. Svaly pánevního dna během porodu

Dysfunkce pánevního dna reprezentují široký problém neznámého rozsahu. Olsenova studie a kol. (Olsen AL, Smith VJ, Berstrom JO, Colling JC, Clark AL, 1997) založená na populaci pod jedním systémem zdravotní péče ukázala, že 11 % žen podstoupilo operaci pro inkontinenci moče nebo prolapsu pánevního orgánu během života. Statistiky ukazují, že 30 až 40 % žen trpí určitým stupněm inkontinence během života (Kenton K, Mueller ER, 2006). Další studie, vedena Rortveitem a kol. (Rortveit G, Hannestad Y, Daltveit AK, Hunskaar S, 2001) ukázala, že prevalence tohoto problému mezi nerodičkami dosahoval 8 až 32 % procent, zvyšující se věkem. Klinické aspekty poruch pánevního dna jsou rozsáhle studovány, zejména efekt těhotenství a porodu (Dimpfl Th, Jaeger Ch, Mueller-Felber W, Anthuber C, Hirsch A, Brandmaier R, et al., 1998; Gregory WT, Nygaard I, 2004). Nicméně, široce se připouští, že chápání mechanismu poškození komponent pánevního dna je velmi limitováno. Zejména kvantifikace související s biomechanikou pánevního dna, jako co jsou pole tlaku a napětí pro specifické akce, nejsou kompletně získané (Gregory WT, Nygaard I, 2004).

4.2. Poporodní poškození pánevního dna

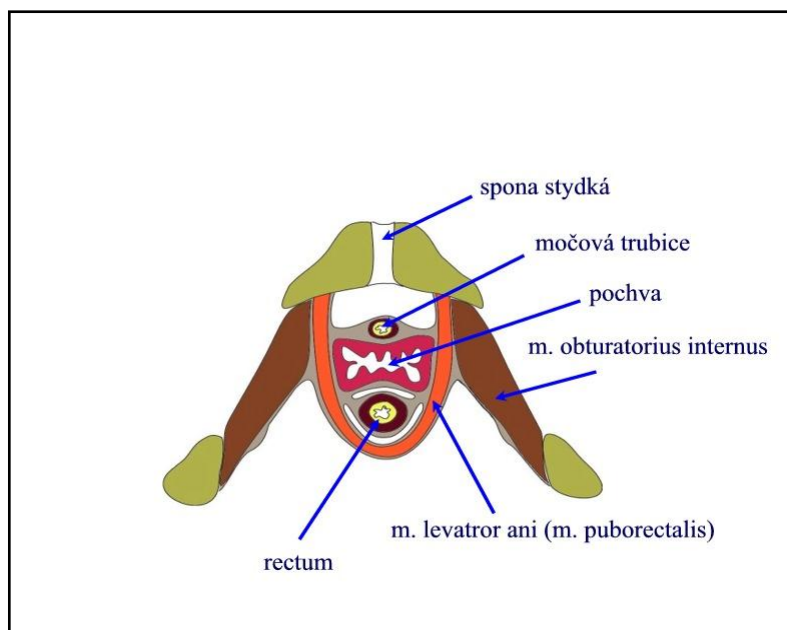
Každá třetí žena má inkontinenci během života, a 65 % z nich si vybavují počátky problému během těhotenství nebo po narození dítěte (Handa VL, Harris TA, Ostergard MD, 1996). Klinické a epidemiologické studie silně naznačují, že ženy, které podstoupily vaginální porod mají větší riziko další inkontinence než nerodičky a ženy podstoupivší císařský řez. Mimoto, první vaginální porod je doba, kdy ženy zasahuje nejvýznamnější poškození pánevního dna (Viktrup L, Lose G, 2001; Sultan AH, Kamm MA, Hudson C, et al., 1993). Epidemiologické nálezy jsou podporovány studiemi (Snooks SJ, Swash M, Setchell M, Henry MM, 1984; Allen RE, Hosker GL, Smith

ARB, Warrell DW, 1990; MacArthur C, Bick D, Keighley MRB, 1997; Ulmsten U, Ekman G, Giertz, Malmstrom A, 1987), které ukazují vztah mezi vaginálním porodem a mechanickým a neurologickým poškozením pánevního dna, která souvisejí s rozvojem močové, anální inkontinence nebo s obojím typem inkontinence. Navíc mohou mít ženy zvýšenou predispozici ke vzniku traumatu pánevního dna vzhledem k vrozenému oslabení kolagenu uvnitř fascie pánevního dna (King J, Freeman R, 1996; Viktrup L, Lose G, Rolff M, Barfoed K, 1992).

4.3. Avulzní poranění

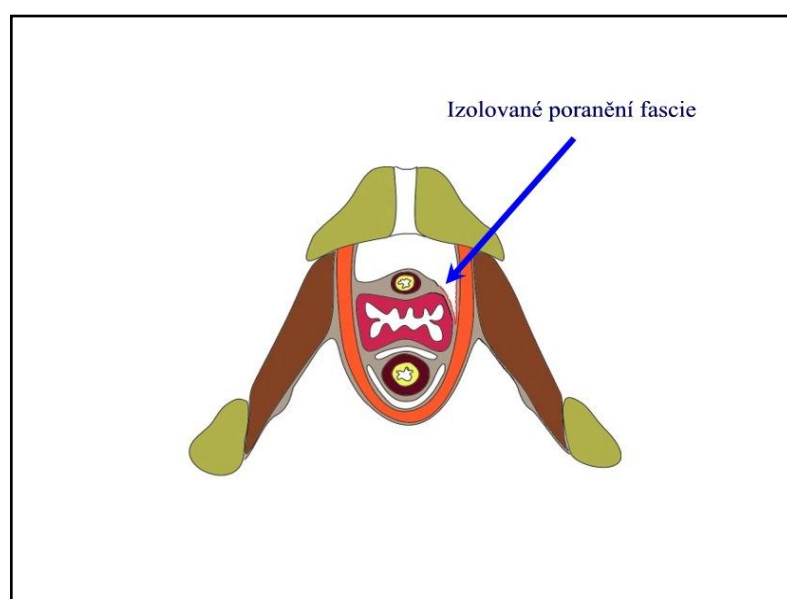
Musculus puborectalis, který je součástí m.levator ani má tvar písmene „U“, upíná se k dolním okrajům ramene stydké kosti a dorzálně přechází na rektum a spojuje se s druhostranným svailem (viz obr. 5). Při vaginálním porodu může nastat při distenzi hiatu hlavou plodu odtržení od úponu ke stydké kosti. Integrita svalu je přerušena, lze pozorovat dissociaci svalu a skeletu a laterální vyklenutí poševní stěny. Takové poranění je označováno jako avulze (Dietz HP, 2005; Shek KL, 2009). Predisponujícím faktorem avulzního poranění je zejména klešťový porod (Cassadó Garriga J, 2011). Avulze může nastat izolovaným porušením endopelvické fascie (obr.6), odtržením svalového úponu m.puborectalis v proximální nebo distální části. Avulze může nastat jednostranně či na obou stranách pubické kosti. Avulzní poranění predisponuje k funkčním a strukturálním projevům poruchy pánevního dna. Při zvýšení nitrobřišního tlaku např. při Valsalvově manévru, lze pozorovat tzv. ballooning pánevního dna, kdy dochází k deviaci urogenitálního hiatu v důsledku porušení podpůrné funkce svalového pánevního dna (obr. 7) (soukromý archiv, Otčenášek, 2009).

Obrázek č. 5: Hiatus urogenitalis, normální stav (soukromý archiv, Otčenášek, 2009).



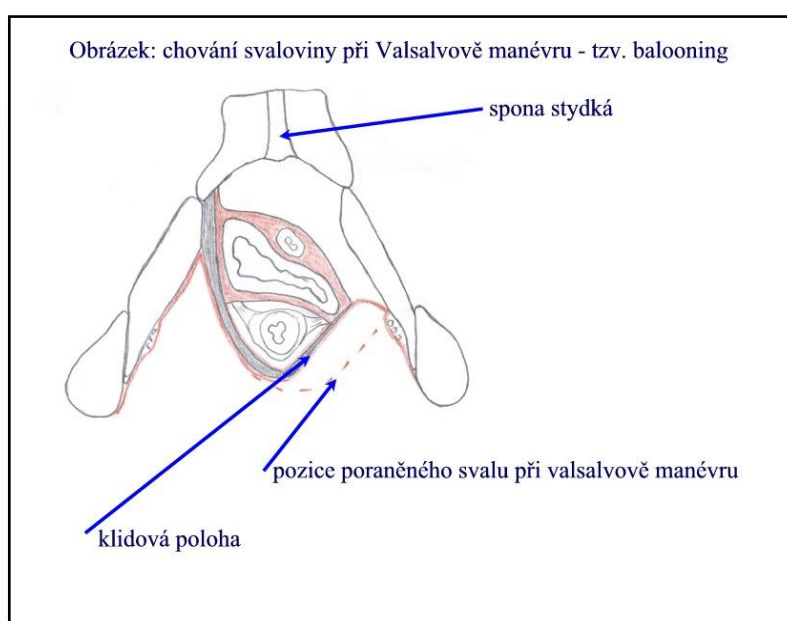
M. levator ani odstupuje od zadní plochy těla kosti stydké, svým podkovovitým tvarem vytváří funkční svěrač pro procházející orgány - močovu trubici, pochvu a rectum.

Obrázek č.6: Izolované fasciální poranění v úrovni hiatus urogenitalis (soukromý archiv, Otčenášek, 2009).



Schématické znázornění transverzálního řezu v úrovni hiatus urogenitalis. Svalovina je intaktní, na pravé straně je natržena viscerální pánevní fascie. Tento defekt má za následek poruchu podpory močové trubice, její pokles a zvýšenou mobilitu při zvýšení abdominálního tlaku. Následkem může být inkontinence moči. Dobrá funkce svaloviny však může defekt do značné míry kompenzovat, nemůže jej však odstranit.

Obrázek č. 7: Schématické znázornění jednostranné avulze (soukromý archiv, Otčenášek, 2009).



Jednostranné odtržení svaloviny od normálního úponu na zadní straně těla kosti stydké. Přerušovaná čára znázorňuje polohu svalu při zatlačení (Valsalvově manévru). Je zřejmé, že je narušena uzavírací a podpůrná funkce svaloviny.

4.3.1. Diagnostické metody avulze

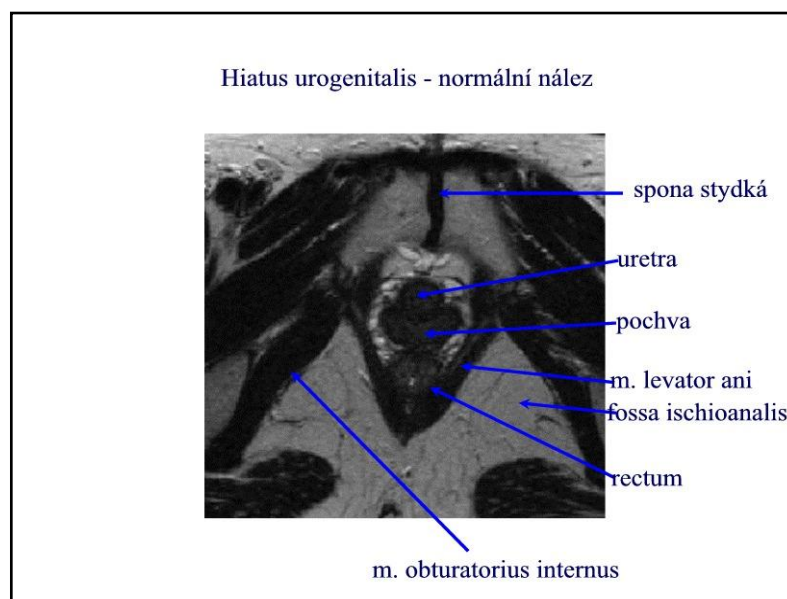
Změny v morfologii pánevního dna během těhotenství a porodu mohou být zobrazena pomocí 3D ultrazvuku nebo magnetické rezonance (MRI). Ultrazvukové zobrazení je lehce přístupné v prvních dnech po porodu a může poskytnout užitečné informace o změnách v morfologii musculus levator ani. Morfologické změny v oblasti levátorového hiatus mohou mít klinický význam v dalším vývoji močové inkontinence a výhřezu

pánevních orgánů (Tunn R, Petri E, 2003; Constantini S, Nadalini C, Esposito F, Valenzano MM, Risso D, Lantieri P, Mistrangelo E, 2005). Těhotenství a porod jsou často citované jako velké etiologické faktory, a odlišné porodnické parametry jako jsou délka druhé doby porodní, novorozecká hmotnost, způsob porodu, se mohou ukázat jako přidatné rizikové faktory (Rortveit G, Brown JS, Thom H, Van Den Eeden SK, Creasman JM, Subak LL, 2007; Dannecker C, Anthuber C, 2000). Potenciální ochranný efekt Císařského řezu nemůže být ověřitelný v dlouhotrvajících studiích, těhotenství samotné způsobuje patologické změny pánevního dna bez ohledu na způsob porodu (Rortveit G, Daltveit AK, Hannestad YS, Hunskaar S, 2003; Viktrup L, Rortveit G, Lose G 2006; MacLennan AH, Taylor A, Wilson DH, Wilson D, 2000). Po více než 10 let byl translabiální či perineální 2D ultrazvuk používán k posouzení pozice krčku měchýře a pohybu během Valsalvova manévru a kašle (Peschers U, Schaer G, Anthuber C, Delancey JO, Schuessler B, 1996; Meyer S, Schreyer A, De Grandi P, Hohlfield P, 1998). 3D ultrazvuk má výhodu multiplanárního pohledu, přímo zobrazuje celý hiatus levatoru, což byla v minulosti doména magnetické rezonance (Dietz HP, Shek C, Clarke B, 2005). Z důvodu schopnosti 4D ultrazvuku zobrazovat v reálném čase, hiatus levátoru může být pozorován během manévrů. 4D ultrazvuk nám poskytuje kvalitativní a kvantitativní informace o funkci svalů (Braekken IH, Majida M, Ellstrom-Eng M, Dietz HP, Umek W, Bo K, 2008; Kruger JA, Heap SW, Murphy BA, Dietz HP, 2008). Puborektální sval je považován za klíčovou strukturu pro řádné fungování pánevního dna. Poškození se může projevit jako dysfunkce pánevního dna – můžeme jmenovat například stresovou inkontinenci (Dietz H, Steensma A., 2006) a prolaps pánevního orgánu (Dietz HP, Lanzarone V, 2005). Poranění svalů je způsobeno hlavně vaginálním porodem (Dietz HP, Lanzarone V, 2005; DeLancey JO, Kearney R, Chou Q, Speights S, Binno S, 2003) kvůli roztahání svalů více jak na trojnásobek své klidové délky, což je způsobeno průchodem hlavičky plodu (Lien KC, Mooney B, DeLancey JO, Ashton-Miller JA., 2004). Puborektální sval se rozepne z obou stran zadní roviny pubické kosti a jeho vlákna obklopují močovou trubici, vaginu a rektum (DeLancey J, 2001; Nichols DH, Randal CL, 1996). Směrování jeho vláken je dobře zobrazeno na MRI a 3D ultrazvuku (Strohbehn K, Ellis JH, Strohbehn JA, DeLancey JO, 1996; Tunn R, Paris S, Fischer W, Hamm B, Kuchinke J, 1998; Tunn R, DeLancey JO, Howard D, Thorp JM, Ashton-Miller JA, Quint LE, 1999; Dietz HP, Shek C, Clarke B, 2005). Dietz a Simpson prokázali pomocí ultrazvuku, že ženy s defektem musculus levator ani mají později během života dvakrát větší šanci vzniku prolapsu pánevních orgánů.

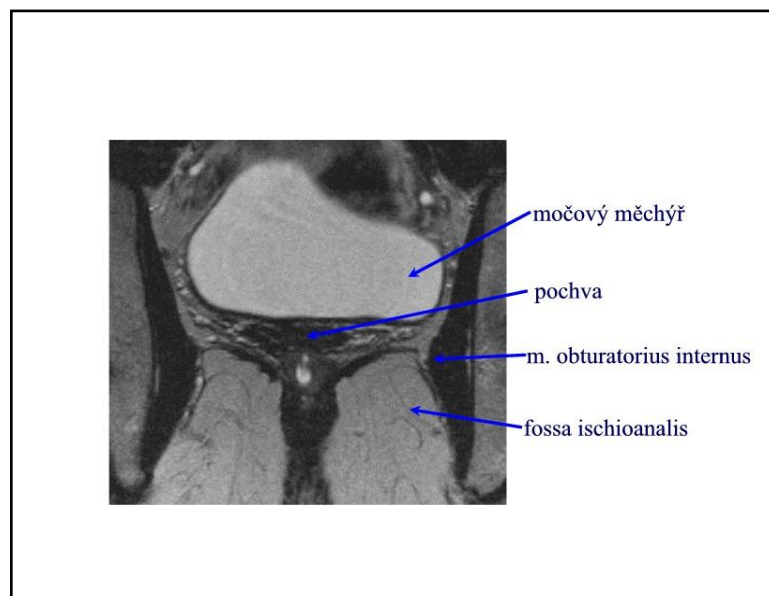
Vztah avulze musculus levator ani s prolapsem přední a zadní části bylo potvrzeno pomocí zobrazení magnetické rezonance (DeLancey JO, Morgan DM, Fenner DE, Kearney R, Guire K, Miller JM, et al., 2007; Hoyte L, Schierlitz L, Zou K, Flesh G, Fielding JR, 2001). Etiologická role integrity musculus levator ani ve vztahu k dysfunkci měchýře je stále nejasná. Málo významné vztahy mezi avulzí levatoru a zhoršováním močové inkontinence jsou zaznamenány pomocí ultrazvuku 3 měsíce po porodu (Dietz HP, Lanzarone V, 2005).

Normální MRI nálezy na urogenitálním hiatusu je zobrazen na obrázcích 8 a 9. Na obrázku 10 pak MRI obraz oboustranné avulze levátoru 3. den po porodu.

Obrázek č. 8: Transversální řez pánevním dnem v úrovni hiatusu urogenitalis v MRI zobrazení (soukromý archiv, Otčenášek, 2011).

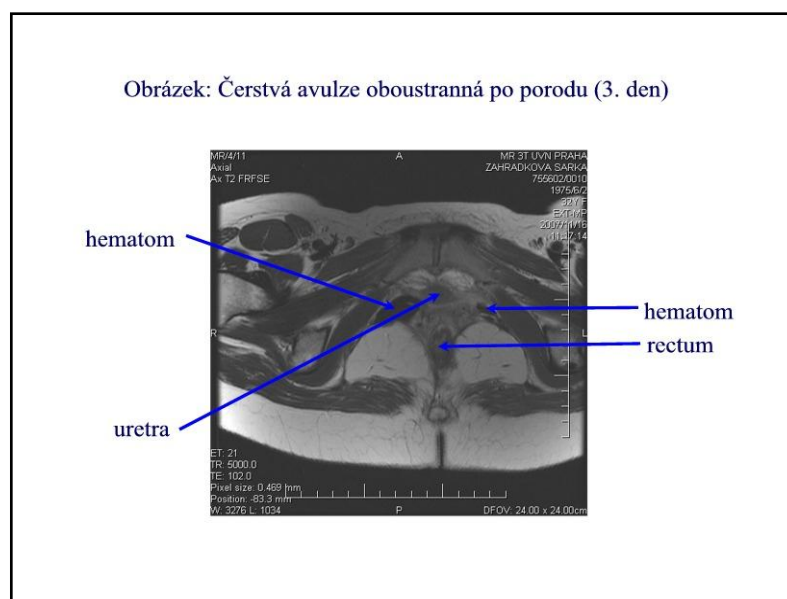


Obrázek č. 9: Frontální řez pánevním dnem v MRI zobrazení (soukromý archiv, Otčenášek, 2011).



Musculus levator ani vytváří podporu pro rektum, pochvu a močový měchýř. Zachycena je etáž nad úrovní močové trubice. Zobrazená část levatoru tedy patří již jeho horní části, kterou v literatuře nacházíme pod označením musculus iliococygeus.

Obrázek č. 10: Oboustranná avulze musculus levator ani od kosti stydké v MRI zobrazení (soukromý archiv, Otčenášek, 2011).



Transverzální řez pánevním dnem v úrovni hiatus urogenitalis v obraze magnetické resonance znázorňuje čerstvé poranění vzniklé při vaginálním porodu. Patrné jsou ještě

nevstřebané hematomy, ramena svalu nesměřují dopředu ke kosti, ale mají tvar široce rozevřeného písmene V.

4.4. Fekální inkontinence a poranění svěrače anu

Během porodu může dojít k poranění análního svěrače vznikem ruptury svaloviny při poranění perinea 3. a 4. stupně nebo trakční neuropatií pudendálního nervu. Před vstupem do Alcockova kanálu je nervus pudendus fixován k ischiadické spině. Tímto faktem je dosažena predispozice k trakčnímu poranění v průběhu pozdní první a časně druhé porodní doby, v které dosahuje hlavička plodu pánevního dna. Poškození nervu pudendu se může nalézat v libovolném bodě jeho dráhy v oblasti od ventrálních kořenů S2 – S4 až k terminálním větvím, které se vyznačují inervací musculus sphincter ani externus. Pudendální nerv se obvykle poraní sekundárně trakcí, při instrumentálním porodu může dojít k přímé disrupci nervu. Pro mechanické poranění svěrače anu je nejvýznamnějším rizikovým faktorem první porod vaginální cestou. Poškození pudendálního nervu je naopak obvyklejší při opakovaných vaginálních porodech. Poškození, respektive roztržení snopců svěrače anu, je nejlépe rozpoznatelné análním ultrazvukovým zobrazením endoanální sondou, která má frekvenci 10 MHz. Tímto způsobem se dají zjistit i okultní léze, které se při porodu běžně nezjistí. Je zajímavé, že jen menší část pacientek s defektním sfinkterem zjištěným sonograficky po porodu má příznaky fekální inkontinence. Poranění svěrače okultního charakteru může později v životě progredovat do symptomatického stavu vlivem dalšího porodu případně i atrofizace při menopauze. Ve skutečnosti je počet těchto poranění vyšší, mnoho z nich zůstává asymptomatických. To je důvod, proč není objasněn jejich klinický význam (Halaška et al., 2004, s.176).

4.5. Inkontinence moči a porod

Incidence močové inkontinence se pohybuje u nulipar ve věku mladší 35 let kolem 4 %. Příznaky stresové inkontinence se objevují v 9 % případů u primigravid v 16. týdnu těhotenství. Po 34. týdnu se udává významný stresový únik moči alespoň jednou týdně. Výskyt močové inkontinence je 6- 8 týdnů po porodu srovnatelný s hodnotou ve třetím trimestru. V časném šestinedělí se více jak polovina žen zlepši s pouze 15 % údajem o

přetrvávající inkontinenci po 3 měsících. Jen velmi malý podíl žen (8 %) s přetrvávající poporodní inkontinencí vyhledá odbornou lékařskou pomoc (Francis WJA, 1960).

Mezi nejvýznamnější rizikové faktory pro močovou inkontinenci poporodní patří první porod vaginální cestou, episiotomie, foceps, prodloužená 2. doba porodní, hmotnost plodu větší než 4 kg, ruptura 3. stupně. Dalšími rizikovými faktory jsou vyšší věk prvorodičky (30 roků a více), kouření a vysoká hodnota BMI. Pravděpodobnost stresové inkontinence se snižuje prostřednictvím prvního císařského řezu. Na druhé straně vedou opakovaně prováděné císařské řezy ke zvýšení incidence urgentní močové inkontinence. Naopak výskyt močové inkontinence s kumulativními porody per vaginam nestoupá (Viktrup L, Lose G, Rolff M, et al, 1992).

4.6. Prolaps pánevních orgánů a dysfunkce pánevního dna

Mezinárodní společnost pro kontinenci (ICS) se zasazuje o standardizaci terminologie pro funkci dolních močových cest od doby, kdy byl založen v roce 1973 Výbor pro standardizaci terminologie. Dosud neexistuje žádný univerzální systém, který by sloužil pro popis anatomické polohy pánevních orgánů. V mnoha zprávách používají autoři termíny, které nejsou jasně určeny pro vyhodnocení prolapsu pánevních orgánů. Bylo navrženo již mnoho třídících systémů, avšak žádný z nich nebyl dostatečně zhodnocen ve smyslu klinického významu různých stupňů, ani co se týče reprodukovatelnosti. Právě absence možnosti použít validní standardní definice brání možnost srovnání publikovaných sérií z různých institucí a průběžnému vyhodnocení jednotlivých pacientů. Zpráva si ukládá za cíl zavést systém, jehož parametry umožní akurátní popis nálezů normálního podpůrného aparátu pánevních orgánů u jednotlivých pacientek (Halaška et al., 2004, s.206).

4.6.1. Vyšetření prolapsu pánevních orgánů

Vyšetřovací techniky svou různorodostí mohou ovlivnit nálezy u pacientek, u nichž je přítomen prolaps pánevních orgánů. Nedílnou součástí je zjištění a popis maximální protruze vyšetřujícím lékařem. Každá zpráva musí obsahovat kritéria smyslu vyšetření a plné rozvinutí prolapsu. K prokázání maximálního prolapsu existují doporučená kritéria. Ta by měla obsahovat níže uvedené prvky. Patří sem protruze vaginální stěny stáhnuvší

se při narovnání pacientky, dále skutečnost, kdy trakce prolapsu nevede k dalšímu sestupu. Mezi další patří skutečnost, kdy pacientka potvrzuje, že rozsah protruze a velikost prolapsu pozorovaný vyšetřujícím lékařem, jsou rozsáhlé stejnou měrou, jako nejhorší protruze, která dosud žena měla. Nakonec sem patří fakt, kdy se potvrdí při vyšetření ženy vstoje při zapojení břišního lisu skutečnost, že plný rozsah prolapsu byl sledován i v odlišných polohách (Halaška et al., 2004, s.207).

5. Metody užívané zejména k léčbě stresové inkontinence moči z pohledu fyzioterapie

Z praxe je známo, že podpurná úloha svalstva je insuficientní při poškození dalších klíčových struktur, a to hlavně vazivových struktur a ligament.

5.1. Gymnastika svalů pánevního dna (dále jen GSPD) – definice ICS.

Gymnastika pánevního dna je definována jako opakovaná selektivní volní kontrakce nebo relaxace určitých svalů pánevního dna. To vyžaduje povědomí o užití správného svalu a vyloučení nechtěné kontrakce připojených svalových skupin. Svaly pánevního dna jsou na rozdíl od svalů kosterních jen zřídka řízeny vůlí. Činnost svalů pánevního dna si proto neuvědomujeme. Víceré studie prokázaly, že ani po podrobném poučení o technice nebylo přibližně 30 % žen schopno při první návštěvě správně kontrahovat pánevní svalstvo (Benvenuti F, Caputo GM, Bandirelli S, et al., 1987). U kontinentní zdravé ženy dojde k mimovolní kontrakci pánevních svalů vždy zároveň, nebo dokonce v předstihu před jakýmkoliv zvýšením intraabdominálního tlaku (při smíchu, kašli, sportu). Ventrálním směrem je tedy přitahován hrot kostrče. Při Valsalvově manévru se naopak pohybuje dorsálně.

5.1.1. Historický přehled GSPD

Na sklonku 40. let 20. století byly prezentovány výsledky fyzioterapeutického programu Arnoldem Kegelem (Kegel A, 1948). V populaci žen trpících močovou inkontinencí různého druhu dosáhl vyléčení v 84 % jen pomocí cvičení svalstva pánevního dna. Ke zjednodušení nácviku volních kontrakcí použil u části žen tzv. perineometr, což je pneumatické zařízení sloužící k měření intravaginálního tlaku. Studie byla přijata velmi kladně. Jejimi nedostatky byla absence základních parametrů statistického hodnocení (randomizaci, kontrolní skupinu žen). Objektivní měření síly dosažené svalové kontrakce bylo dosaženo jen v malé části studií. Vyhledaných studií od roku 1950 bylo 31 a velmi se lišily v mnohých základních parametrech. Ani jedna studie nereferovala o intenzitě a způsobu cvičení dodržované inkontinentními ženami. Komplikace terapie nebyly popsány v žádné studii.

5.1.2. Metoda cvičení pánevního svalstva – biologické předpoklady

Pomocí dvou základních mechanismů je docíleno zvyšování svalové síly, a to změnami v inervaci svalů a svalovou hypertrofií. V prvně jmenovaném mechanismu jsou změny vyvolány vyšší frekvencí excitace a nově zapojených motorických jednotek do kontrakce. Nárůst síly kontrakce může být až o 100% (Pollock M, Gaesser G, Butcher J, et al., 1998). Změny vzniknou během prvních 8 týdnů cvičení. Druhý mechanismus může být zodpovědný za pozvolný nárůst síly po mnoho let. K dosažení optimálního průběhu hypertrofie svalů je potřeba cvičit se zátěží minimálně 75 % (Wells TJ, 1990). Pokud jsou svaly zatíženy mírně, kontrakce se účastní jen slow-twitch vlákna – ty jsou odpovědná hlavně za vytrvalost svalu. V případě dosažení výraznější zátěže hrají majoritní roli fast-twitch vlákna. Požadovaný výsledek tréninku je možný jen kombinací hypertrofie obou těchto typů vláken.

5.1.3. Tréninkové principy

Bezesporu nejlepších výsledků je dosaženo pod přímým vedením školeného instruktora. Nejzásadnějším kritériem je správné pochopení techniky, což jen slovní instruktáží či psanou podobou pokynů není stoprocentně možné. Při podání pokynů ke cvičení v psané podobě nebo jen při pouhé slovní instruktáži byla účinnost výrazně nižší (Bump RC, Hurt WG, Fantl JA, et al., 1991). Zásadní je naučit pacientky izolovaně kontrahovat svaly pánevního dna. Správné hodnocení nám umožní palpační vaginální vyšetření a pozorování pohybu perinea kraniálně. Efektivita působení tréninku musí být dosažena i v každodenních životních situacích (při kašli, vstoje apod.). Standardně se používá 8 až 12 opakování cviku se submaximální zátěží jako správná tréninková zátěž. Po dosažení požadovaného efektu je nutné stav udržet. Pravidlem bývá doporučení 8 až 12 kontrakcí minimálně dvakrát týdně (Pollock M, Gaesser G, Butcher J, et al., 1998). Výrazně lepší výsledky mívají ženy, které se zapojily do organizovaného udržovacího cvičení, na rozdíl od skupiny žen, které cvičily individuálně (Bo K, 2001). Většina cvičení zaměřená na svaly pánevního dna vycházejí z původní metody Kegela. Dle Kegela obsahuje trénink 4 fáze. První je zaměřena na uvědomování svalů a jejich koordinace, druhá spočívá v získání jistoty o aktivaci požadovaných svalů, zvyšování síly a koordinace. Ve třetí – fázi regenerační již může docházet k částečnému ústupu potíží.

Poslední fáze je charakterizována nárůstem svalové síly a její regulace, pohyb je ekonomičtější.

5.1.4. Výsledky léčby – hodnocení

Mezi subjektivní metody hodnocení účinnosti terapie patří standardizované dotazníky, pohovor pacientky s lékařem, zhodnocení kvality života pacientky. Kvalitnějšího hodnocení je dosaženo objektivními kritérii. Mezi ně patří funkce elektromyograficky hodnocená, dosažená svalová síla, maximální uzavírací tlak v uretře, procento žen s kompletní kontinencí, stupeň úniků moči.

5.1.5. Léčba stresové inkontinence moči pomocí GSPD

Gymnastika svalů pánevního dna při léčbě SI a její cíle

Mezi cíle GSPD patří významné zvyšování maximálního uzavíracího tlaku v uretře (Benvenuti F, Caputo GM, Bandirelli S, et al., 1987). Tlak v močové trubici je zvyšován volní kontrakcí svalů až dvojnásobně v porovnání s elektrickou stimulací (Bo K, Talseth T, 1997). Je proto nezbytné nacvičit mechanismus vědomé kontrakce pánevních svalů, a to vždy před očekávanou změnou IAT.

5.1.6. Prevence stresové inkontinence moči pomocí GSPD

Dle Kegela je porod per via naturales a těhotenství hlavní rizikový faktor vzniku SI (Kegel A, 1948). Přesvědčivého potvrzení však nebylo dosaženo. V krátkodobém follow-up v poporodním období – po dobu 1 roku – bylo v kontrolované studii prokázáno 50% snížení prevalence inkontinence moči při obvyklé tréninkové zátěži (tj. 8-12 opakování se submaximální zátěží minimálně 2krát týdně (Morkved S, Bo K, 2000). Absence dlouhodobého sledování ztěžuje potvrzení účinku cvičení na vznik močové inkontinence v pozdějším věku.

5.1.7. Vhodné pacientky pro gymnastiku svalů pánevního dna

Zlepšení příznaků močové inkontinence pomocí GSPD lze čekat u intaktní polohy a funkce ostatních podpůrných struktur pánve – hlavně závěsného aparátu pochvy, vazů a

kostí. U inkontinentních žen, které mají poškozenou některou z těchto struktur, jsou vhodné chirurgické korekce defektu. Následná rehabilitace u těchto žen probíhá až po plném zhojení po operačním zákroku. Četné randomizované studie popisují a sledují potenciální predisponující faktory. Na základě jejich podkladů je možno předpovědět účinnost gymnastiky v léčbě určitých skupin inkontinentních žen. Dosud však nebyla prokázána prediktivní hodnota faktorů, které byly považovány za validní. Patří mezi ně věk, parita, hmotnost porozených dětí, tělesná hmotnost, počet močení za den, menopauzální status, estrogenní deficit atd. V pouze 2 studiích bylo průkazné, že nejlepší výsledky léčby měly ženy se středním nebo mírným stupněm inkontinence (Fischer W, 1983; Kujansuu E, 1983). Výsledky léčby jsou významně ovlivněny pozitivní motivací žen pro aplikaci této metody.

5.1.8. Dosažené výsledky při užití GSPD

Většina studií udává prokazatelnou účinnost gymnastiky v rozmezí 60 až 75% (Bump RC, Hurt WG, Fantl JA, et al., 1991). Výsledky této metody byly v mnoha případech lepší ve srovnání s použitím elektrostimulace nebo vaginálních pesarů (Bo K, Talseth T, Holme I, 1999). Předpokládané zvyšování účinnosti metody kombinací s jinými metodami (elektrostimulace, pesary, biofeedback) se nepotvrdilo (Bo K, Talseth T, Holme I, 1999). Nabízí se však možnost chyby způsobené malým vzorkem. Předpokládá se zvýšení specifity cvičení pouze vybraných svalových skupin v důsledku připojení biofeedbacku, a tím pádem zvýšení motivace žen. Dlouhodobými výsledky bylo prokázáno významné zvýšení počtu úniků moči po přerušení organizovaného tréninku (Bo K, Talseth T, 1996). Účinek GSPD přetrvává u 70 % žen při pětiletém follow-up (Bo K, Talseth T, 1996). Přesná četnost pro udržení stavu nebyla stanovena.

5.2. Biofeedback (zpětná vazba)

Definice ICS: Biofeedback je technika, při které je pacientovi a terapeutovi poskytována informace o normálně mimovolných fyziologických procesech

audiovizuálním nebo taktilním signálem. Ten je odvozen od měřitelného fyziologického parametru, který je následně použit ve výchovném procesu k dosažení specifického léčebného účinku. Signál má kvantitativní charakter a pacient je poučován jak jej změnit, a tak získat kontrolu nad základním fyziologickým procesem. Nejčastěji se využívá změn intravaginálního tlaku (obdoba Kegelova perineometru), elektromyografické aktivity a digitální palpce tonu pubokocygeálního svalu (Bump RC, Hurt WG, Fantl JA, et al., 1991). Volní kontrakce mm. levatores ani je doprovázena změnou těchto parametrů. Intenzita této změny je demonstrována akustickým signálem, či zobrazena ve formě grafu na displeji PC. Ke kontrole specifity tréninku přispívá tzv. multikanálový biofeedback. Umožňuje sledování kontrakce antagonistických svalových skupin. Slouží pro nácvik relaxace nebo izolované kontrakce, aby inkontinentní pacientky získaly povědomí o činnosti jednotlivých svalových skupin. Případnému úniku moči zabrání vybudovaná reflexní reakce. Při ní kontrakce svalů pánevního dna posílí funkci, která uzavírá uretru před každým očekávaným zvýšením intraabdominálního tlaku. V případě dostatečné fixace tohoto reflexu je možné techniku modifikovat a začlenit perineální blokádu do běžného života. Délka svalových kontrakcí se prodlouží, kontrakce se cvičí vstoje a přiřazují se k denodenním aktivitám. Kombinace GSPD a biofeedbacku je vhodná k zamezení nesprávné techniky volní kontrakce – zapojování svalů antagonistů, a tedy neefektivnímu tréninku. Kombinace GSPD a elektrické stimulace se jeví pozitivně, ale klinické studie tento předpoklad jednoznačně nepotvrdily.

5.3. Elektrická stimulace

Definice ICS: Elektrostimulace je použití elektrického proudu ke stimulaci pánevních orgánů nebo inervace. Cílem elektrostimulace může být buď přímá indukce odpovědi na léčbu, nebo pokus o modulaci dysfunkce dolní části močového ústrojí, střeva nebo sexuálních funkcí. Do praxe byla tato metoda uvedena přibližně v polovině 20. století. Srovnání výsledků jednotlivých studií a následné vyvození závěrů pro použitelnost této metody je velmi obtížné z důvodu využívání různých druhů stimulace (intenzita stimulace, aplikační cesty), léčebných protokolů (frekvence opakování, délka stimulace, interval mezi stimulacemi), a to pro skupinu onemocnění pánevního dna velmi nehomogenní. V současnosti jsou dvě hlavní indikace pro využití

elektrostimulace. Patří sem zlepšení trofiky pánevních svalů a zefektivnění průběhu reedukace svalů pánevního dna. Zpravidla probíhá stimulace cestou aktivace nervů, které zásobují sval. Pro zachování účinnosti metody je zapotřebí alespoň částečné zachování integrity nervového zásobení příslušné svalové skupiny.

5.3.1. Výsledky klinických studií používajících elektrostimulaci

Do srovnatelných skupin byly rozděleny ženy s různými typy inkontinence, kdy jedna skupina nepodstoupila žádnou léčbu a druhá absolvovala elektrostimulaci. K výraznému zlepšení parametrů inkontinence došlo ve skupině léčených žen – oproti žádné změně v kontrolní skupině (Henalla SM, Hutchins CJ, Robinson P, et al., 1989).

6. Biomechanická analýza

Biomechanická analýza modelu pánevního dna byla provedena v rámci dlouhodobého projektu Laboratoře biomechaniky, Fakulty strojní ČVUT v Praze a centra pro integrovaný výzkum pánve (CIPS) 3. Lékařské fakulty Karlovy univerzity. Cílem této parametrické výpočtové studie bylo zhodnocení napjatosti a deformace svalů pánevního dna při zatížení nitroabdominálním tlakem. V provedených výpočtových analýzách byly hodnoceny modely pánevního dna s různou mírou aktivace svalů pánevního dna a s různým rozsahem defektu.

6.1. Metodika

Kompletní model pánevního dna byl vytvořen ze série CT a MRI snímků zdravé ženy. Prostorové 3D modely jednotlivých kostí pánve a svalových struktur byly vytvořeny ve specializovaném programu Mimics (Materialise, Belgie), ve kterém byla provedena segmentace jednotlivých tkání z CT a MRI dat. Geometrický model pánevního dna byl následně importován do modelovacího programu Rhinoceros, kde byl proveden převod ploch modelovaných objemů do parametrických CAD ploch. Takto upravený model pánevního dna byl exportován do výpočetního programu Abaqus. Pro analýzu napjatosti modelu pánevního dna byla použita Metoda Konečných Prvků (MKP). Tato metoda je numerická metoda sloužící k simulaci průběhů napětí, deformací, vlastních frekvencí, proudění tepla, jevů elektromagnetismu, proudění tekutin atd. na vytvořeném fyzikálním modelu. Její princip spočívá v diskretizaci spojitého kontinua do určitého (konečného) počtu prvků, přičemž zjišťované parametry jsou určovány v jednotlivých uzlových bodech. MKP je užívána především pro kontrolu již navržených zařízení, nebo pro stanovení kritického (nejnamáhanějšího) místa konstrukce. Ačkoliv jsou principy této metody známy již delší dobu, k jejímu masovému využití došlo teprve s nástupem moderní výpočetní techniky.

V provedené parametrické analýze modelu pánevního dna, jejímž cílem bylo posouzení vlivu rozsahu poranění svalů pánevního dna spolu s rozdílnou mírou aktivace svalů pánevního dna, byly hodnoceny čtyři různé modely pánevního dna.

Model 1: byl modelem referenčním, kdy svaly pánevního dna byly bez poranění a na obou stranách byla míra jejich aktivace 100%

Model 2: byl model, kdy bylo modelováno poškození svalů pánevního dna na pravé straně u stydké kosti, ale na obou stranách byla míra jejich aktivace 100%.

Model 3: byl model, kdy bylo modelováno poškození svalů pánevního dna na pravé straně u stydké kosti. Míra aktivace svalů pánevního dna na straně poškození byla 50 %, zatímco na straně druhé byla aktivace 100%.

Model 4: byl model, kdy bylo modelováno poškození svalů pánevního dna na pravé straně u stydké kosti. Míra aktivace svalů pánevního dna na straně poškození byla 10 %, zatímco na straně druhé byla aktivace 100%.

Ve všech modelech pánevního dna byly modelovány kosti pánve a kosti křížové, spolu se svaly pánevního dna. Materiálové vlastnosti všech struktur byly modelovány jako lineární, homogenní a izotropní (kost $E = 17\,000\text{ MPa}$, $\mu = 0.3$, svaly $E = 10\text{ MPa}$, $\mu = 0.3$). Jednotlivé části celého modelu pánevního dna byly vysítovány pomocí lineárních strukturálních čtyřuzlových elementů se třemi stupni volnosti C3D4. Globální velikost těchto elementů byla nastavena na hodnotu 1 mm. Míra aktivace jednotlivých částí svalů pánevního dna byla modelována procentuálním snížením tuhosti inkriminované části svalů pánevního dna.

V modelu pánevního dna byly zavedeny okrajové podmínky, kdy na vnějším okraji svalů v místě jejich úponů, byl zamezen posuv uzlů do všech směrů (Model 1). U všech zbývajících modelů byl v místě avulzního poranění umožněn volný pohyb poškozené tkáně (Obr. 15 modrá část). Pohyb všech zbývajících částí svalů pánevního dna byly omezeny stejně jako u Modelu 1 (Obr. 15 červená část). Všechny modely byly zatíženy stejným způsobem. Na vnitřní stranu svalů pánevního dna (Obr. 13 červená část) bylo zavedeno zatížení tlakem, jehož velikost odpovídá intraabdominálnímu tlaku stojící osoby o hmotnosti 80kg. Hodnota intraabdominálního tlaku byla uvažována $p = 2,9\text{ kPa}$.

Všechny modely byly analyzovány jako nelineární statická úloha, kdy všechny získané hodnoty rozložení redukovaných napětí s_{red} (MPa) a velikost posuvů v (mm) byly porovnány vzhledem k fyziologickému stavu, který představuje Model 1.

7. Výsledky

Výsledky provedených výpočtových MKP analýz jsou přehledně uvedeny v Tab. 2 a na Obr. 11-12, Obr. 16-17, Obr. 18-19 a Obr. 20-21. V referenčním modelu pánevního dna Model 1 byla zjištěna maximální velikost $\sigma_{\text{red}} = 2,65$ MPa a maximální velikost posuvu svalů pánevního dna $v = 3,35$ mm. V modelu pánevního dna Model 2 byla zjištěna maximální velikost $\sigma_{\text{red}} = 6,49$ MPa a maximální velikost posuvu svalů pánevního dna $v = 13,18$ mm. V modelu pánevního dna Model 3 byla zjištěna maximální velikost $\sigma_{\text{red}} = 8,96$ MPa a maximální velikost posuvu svalů pánevního dna $v = 14,43$ mm. V modelu pánevního dna Model 4 byla zjištěna maximální velikost $\sigma_{\text{red}} = 12,82$ MPa a maximální velikost posuvu svalů pánevního dna $v = 16,00$ mm.

Tab. 1: výsledné hodnoty redukováných napětí σ_{red} (MPa) a velikosti posuvů v (mm).

	σ_{red} (MPa) maximální hodnota	Posuv v (mm)
Model 01	2,65	3,35
Model 02	6,49	13,18
Model 03	8,96	14,43
Model 04	12,82	16,00

U intaktního pánevního dna je při konstantním klidovém zatížení patrný posuv o 3,346 mm. Nejnížší hodnoty svalového napětí jsou zaznamenány v oblasti urogenitálního hiatu, naopak největší hodnoty tohoto napětí jsou v místě úponu levátoru ke skeletu. U avulzního poranění se hodnoty svalového napětí a dislokace levátoru mění v závislosti na míře kompenzační aktivace intaktní části svalového pánevního dna. V případě avulze se současnou menší aktivací (50 % a 10%) pozorujeme větší maximální hodnotu redukováného napětí zbytkové části. Oblast menší aktivace (50% a 10%) se téměř nezatíží. Posuv odtržené části levátoru je tím větší, čím menší je aktivace utrženého levátoru. Utržený levator má tendenci se přibližovat ke straně, kde je aktivace 100%.

“Model svalového napětí” představuje svalové pánevní dno při zátěži odpovídající tlaku, kterému je pánevní dno vystaveno u stojící 80 kg osoby s průměrnou výškou odpovídající této tělesné hmotnosti (Obrázek č.11).

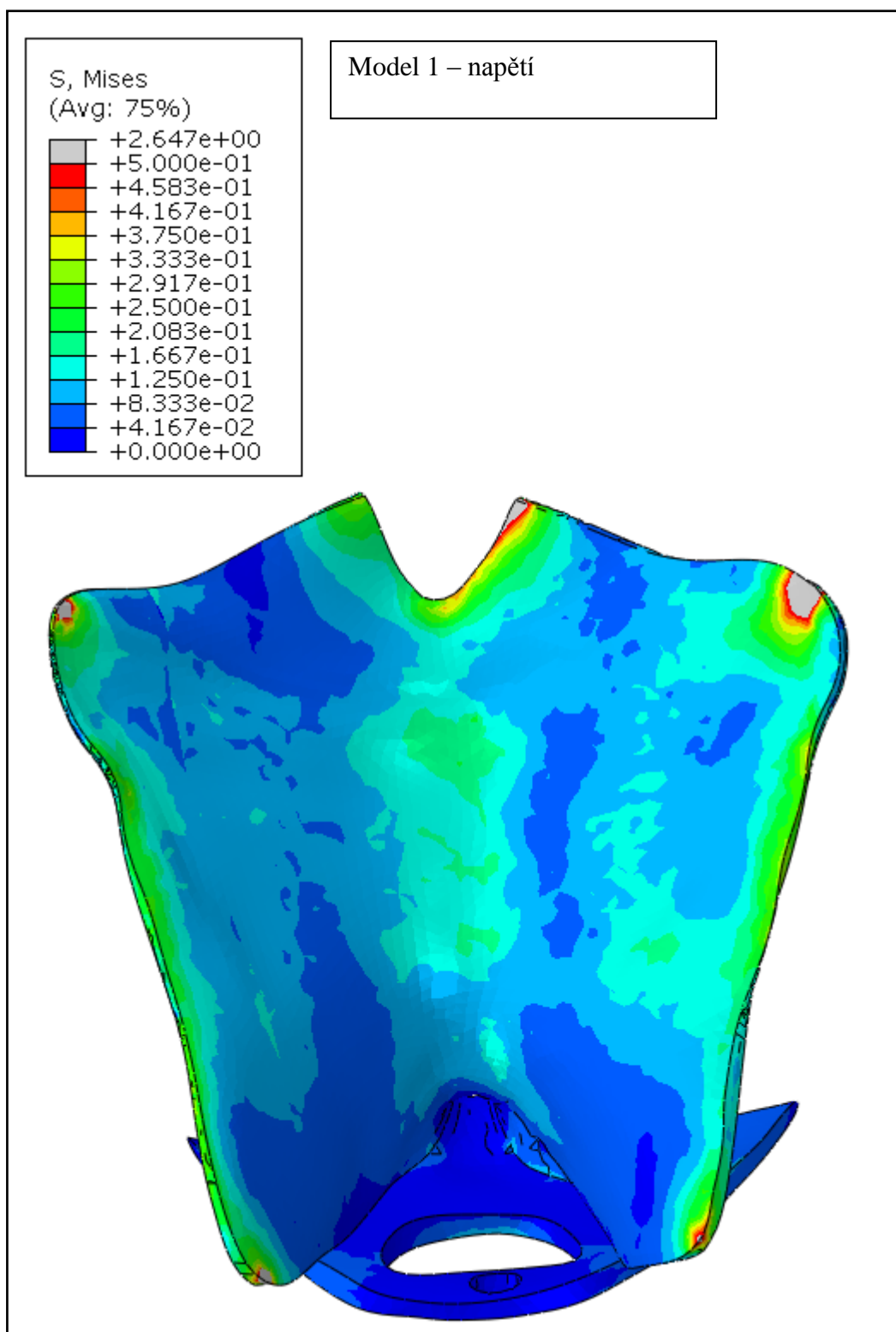
“Model posuv” znázorňuje posun struktur svalového pánevního dna při působení standardního tlaku u osoby s tělesnou hmotností 80 kg (Obrázek č.12).

“Model tlak” znázorňuje tlak působící na pánevní dno odpovídající průměrné výšce člověka o hmotnosti 80 kg představující hodnotu 2,9 kPa. Uvedené zatížení bylo použito jako referenční pro testování všech modelů (Obrázek č.13).

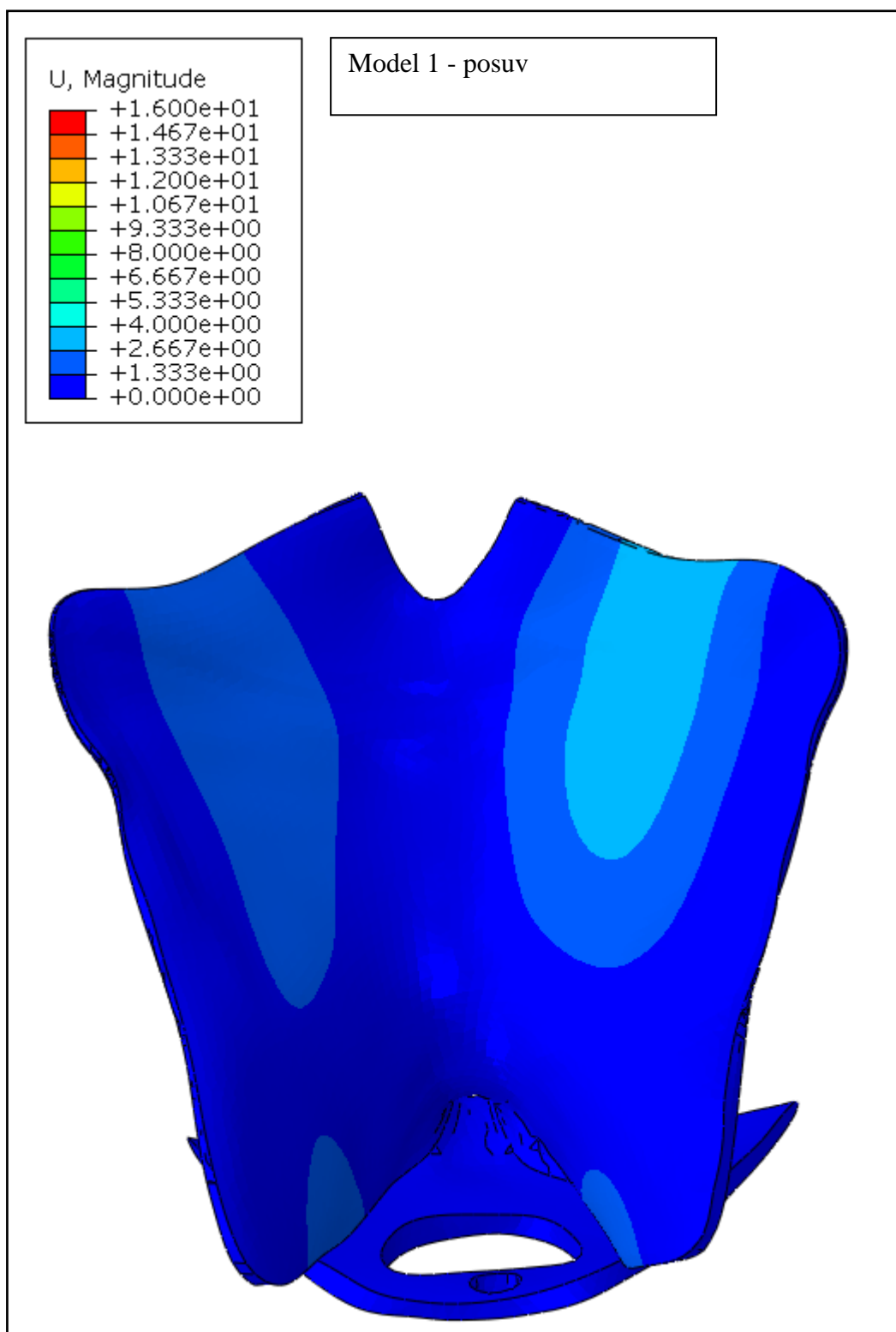
“Model díly” zobrazuje části levátoru, které jsou kompenzačně aktivovány při avulzním poranění (Obrázek č.14).

“Model uložení” znázorňuje změny uložení struktur pánevního dna při avulzním poranění levátoru vpravo. Plochy úponu levátoru znázorněné červenou barvou jsou pevně ukotveny ke skeletu, v dynamickém zobrazení nehybné. Modrá plocha úponu levátoru představuje část, která byla od skeletu odtržena (Obrázek č.15).

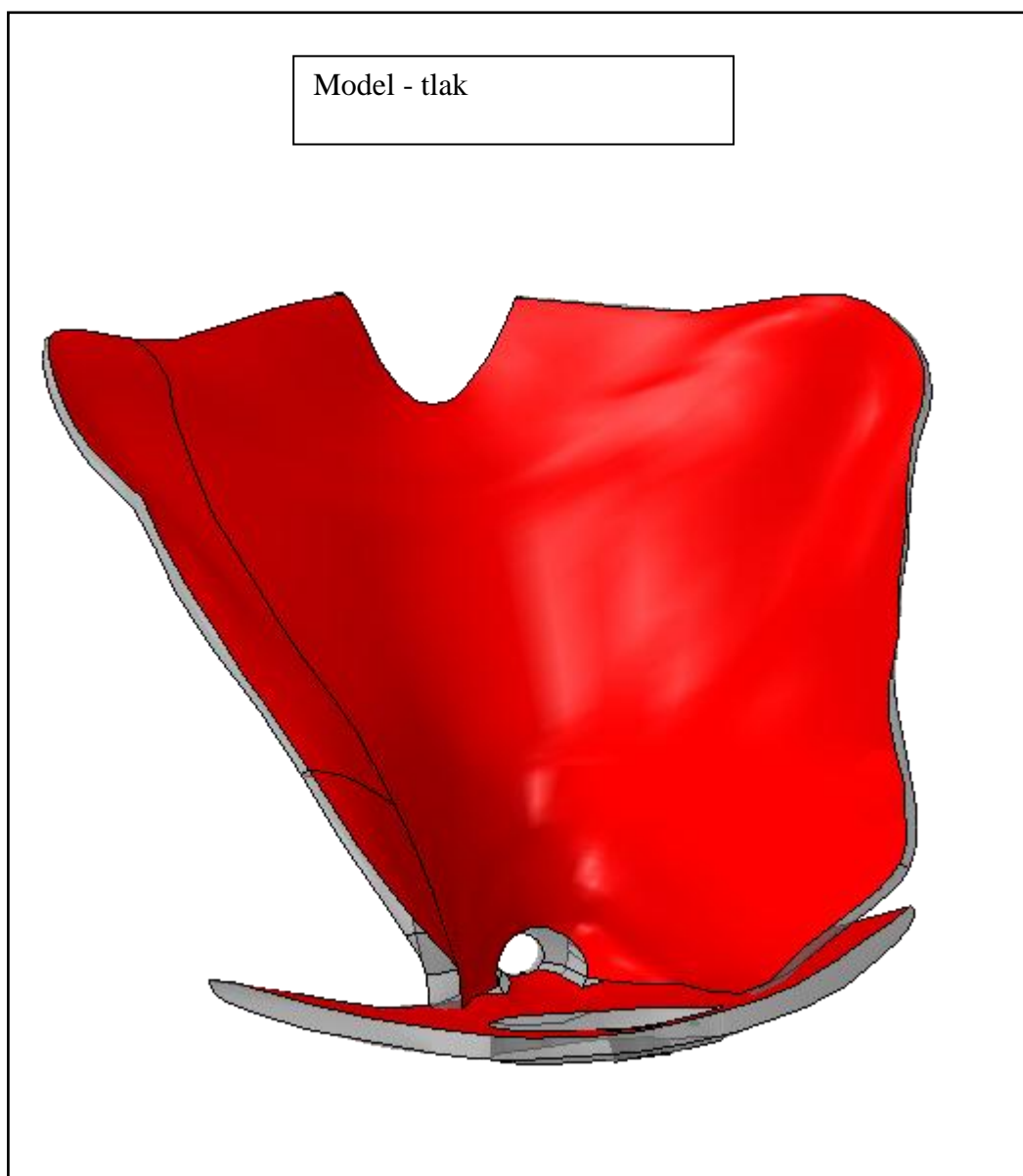
Modely svalového napětí byly analyzovány u intaktního levátoru, dále u avulzního poranění při kompenzační aktivaci definovaných částí levátoru na 100% (Obr.16), 50% (Obr.18)a 10% (Obr.20). Hodnoceny byly mapy svalového napětí, které vyjadřují změny působícího tlaku na pánevní dno. Dále byly analyzovány modely posuvu svalových struktur pánevního dna při normální zátěži v intaktním stavu a při avulzním poranění s kompenzační aktivací levátoru na 100% (Obr.17), 50% (Obr.19) a 10% (Obr.21).



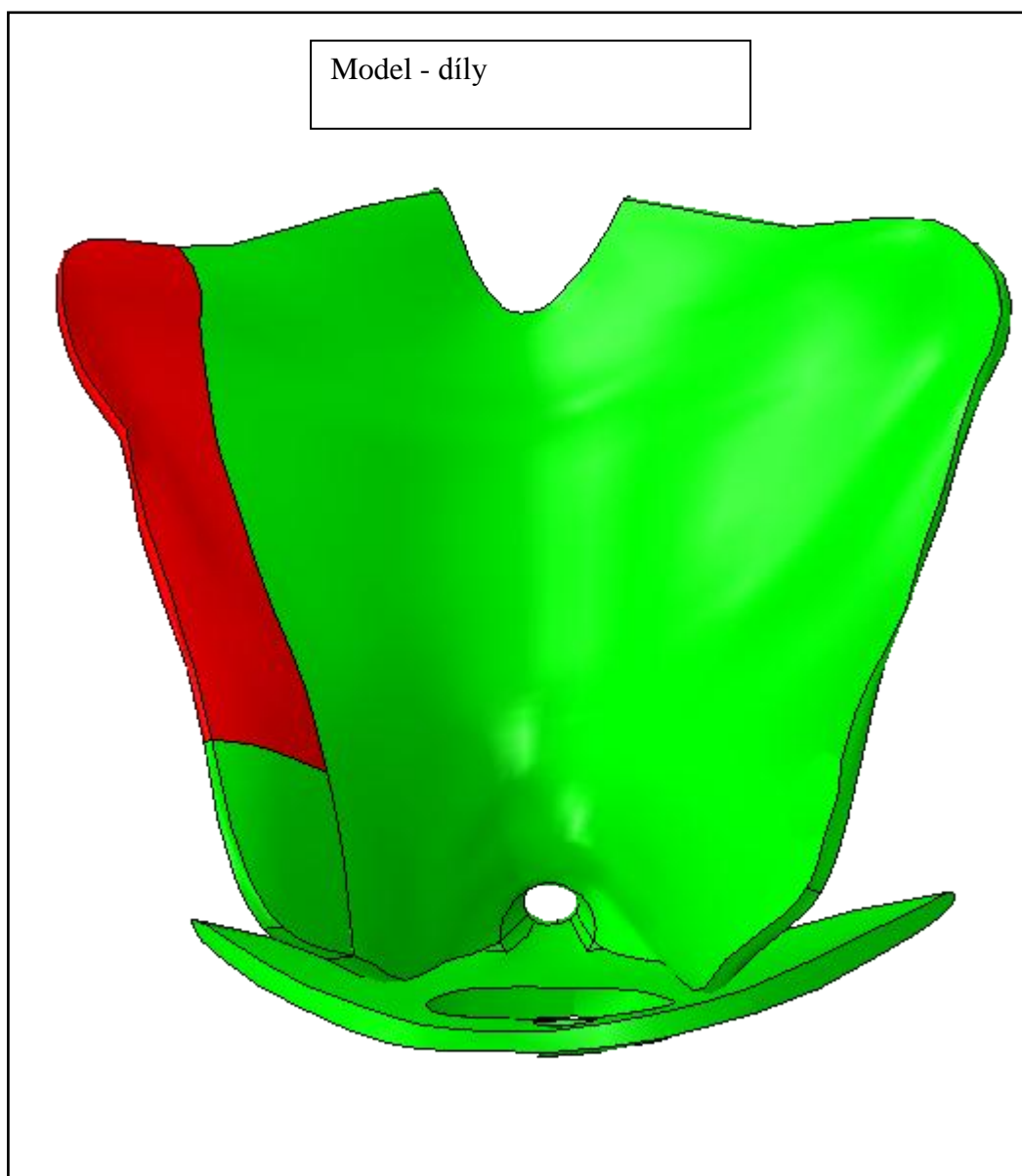
Obrázek č. 11: Model intaktního svalového pánevního dna při zatížení (tlak na pánevní dno při klidném stojí 80 kg člověka s aktivací aktivních elementů levatoru 100%, bez avulzního poranění. Červená barva znamená působení tlaku o hodnotě 0,5 MPa. Šedá barva (větší než 0,5 MPa). Maximální hodnota u redukovaného napětí u modelu 01 je 2,65 MPa.



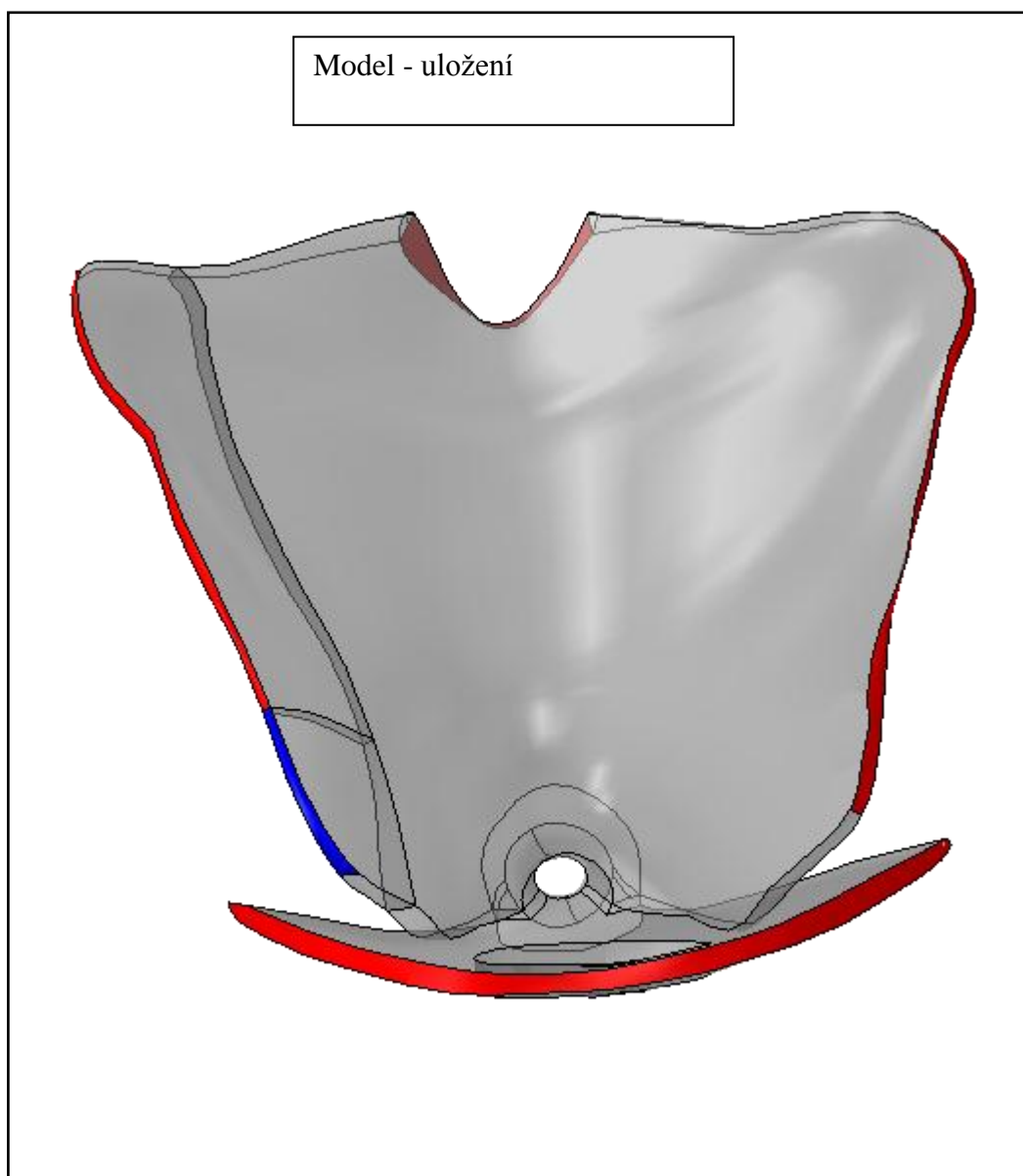
Obrázek č.12: Model intaktního svalového pánevního dna při zatížení (tlak na pánevní dno při klidném stoji 80 kg člověka s aktivací aktivních elementů levatoru 100%, bez avulzního poranění se znázorněním posuvu pánevního dna. U intaktního pánevního dna dojde při běžném zatížení k posuvu (pronutí) o 3 mm. Na barevné mapě vyjádřeno světle modrou barvou.



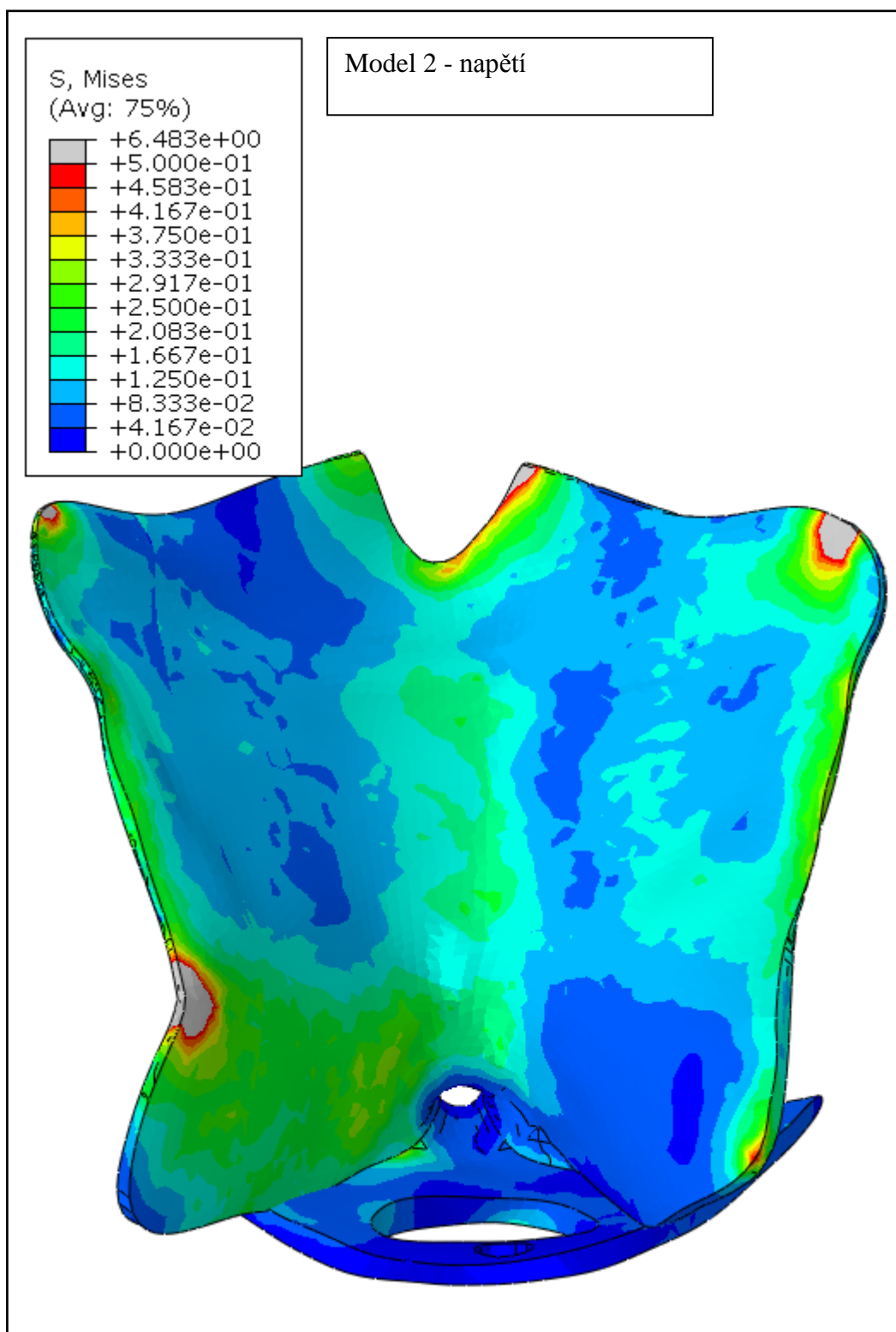
Obrázek č. 13: Model zatížení svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka). Na modelu je znázorněn tlak působící na pánevní dno odpovídající průměrné výšce člověka o hmotnosti 80 kg představující hodnotu 2,9 kPa. Uvedené zatížení bylo použito jako referenční pro testování všech modelů.



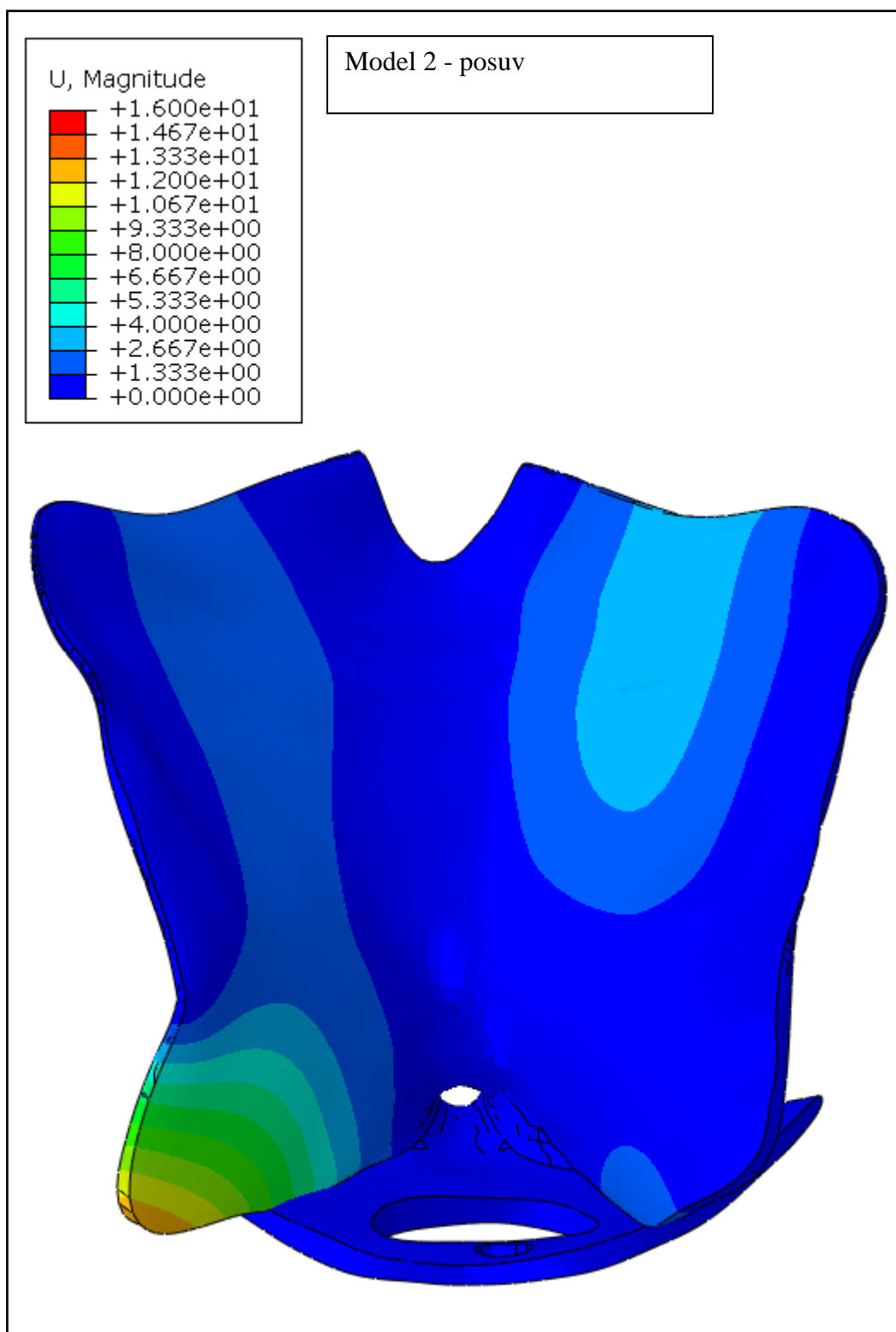
Obrázek č. 14: Model zatížení svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka), znázorněny části levátoru, kde byla aktivace 50% a 10% - znázorněno červeně.



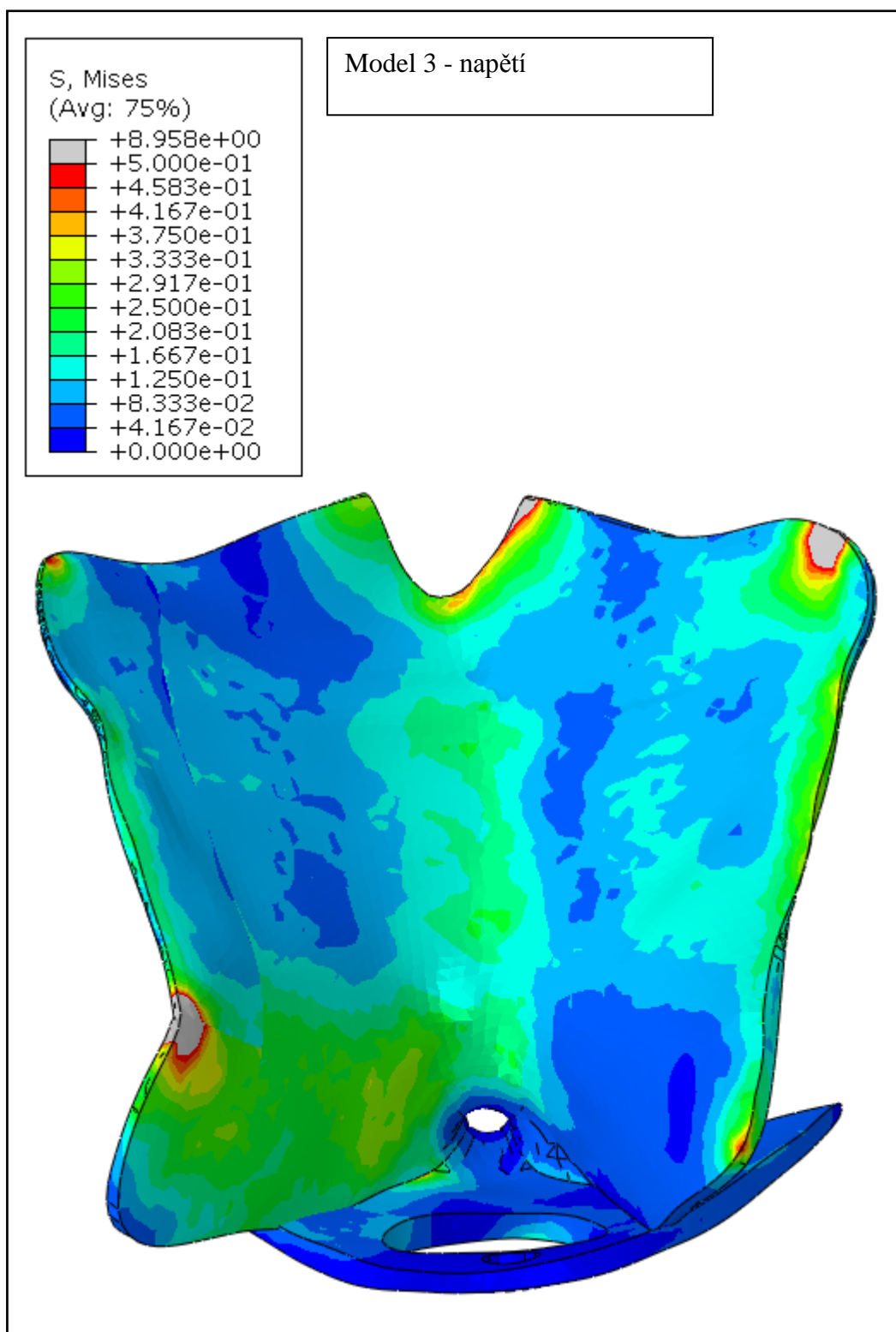
Obrázek č.15: Model zatížení svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka) se znázorněním uložení levatoru. Plochy úponu levatoru znázorněné červenou barvou jsou pevně ukotveny ke skeletu, v dynamickém zobrazení nehybné. Modrá plocha úponu levatoru představuje část, která byla od skeletu odtržena.



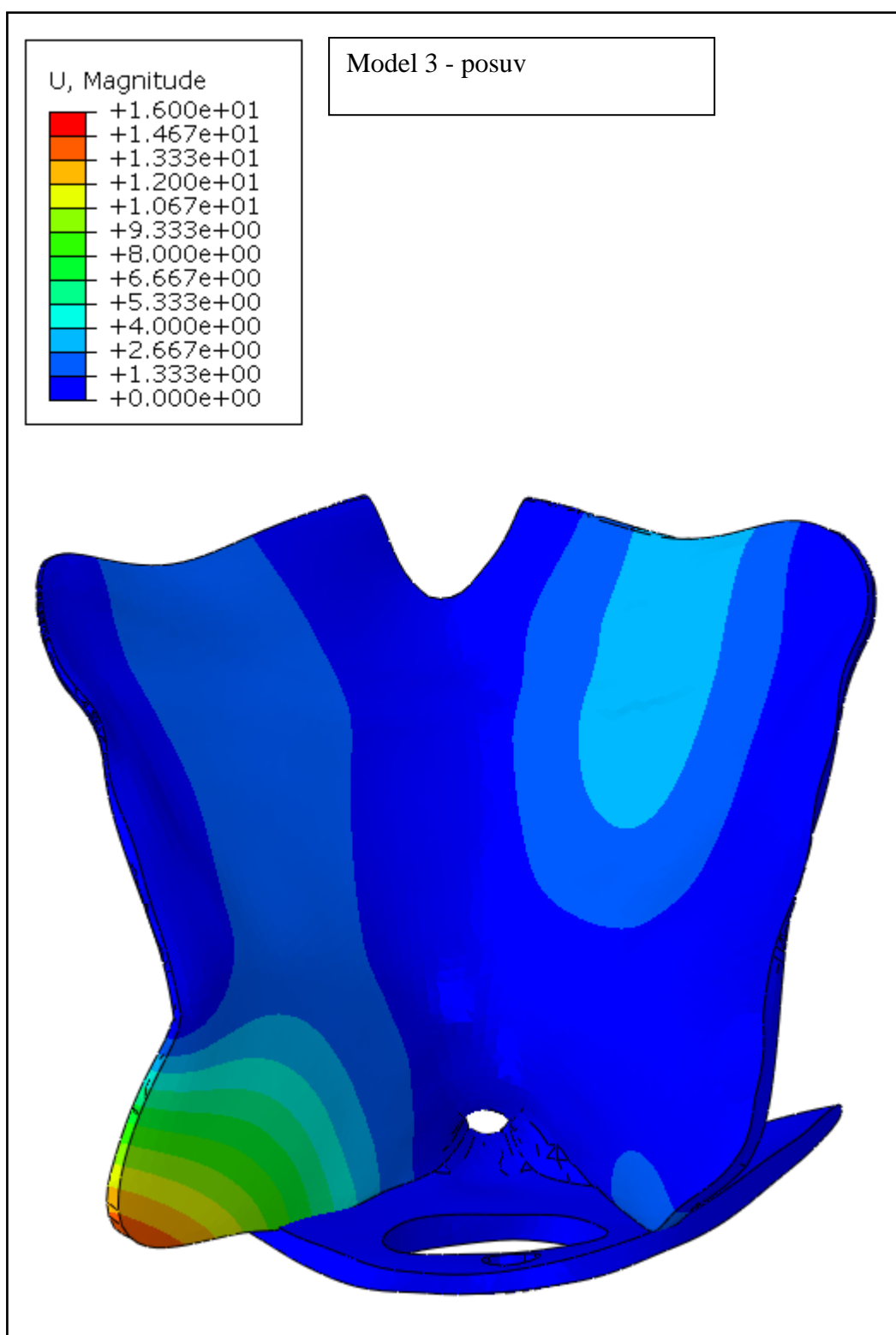
Obrázek č. 16: Model napětí svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka), při aktivaci aktivních elementů 100%. Největší hodnota napětí je zde 6,483 MPa, znázorněné šedou barvou s červeným ohraničením.



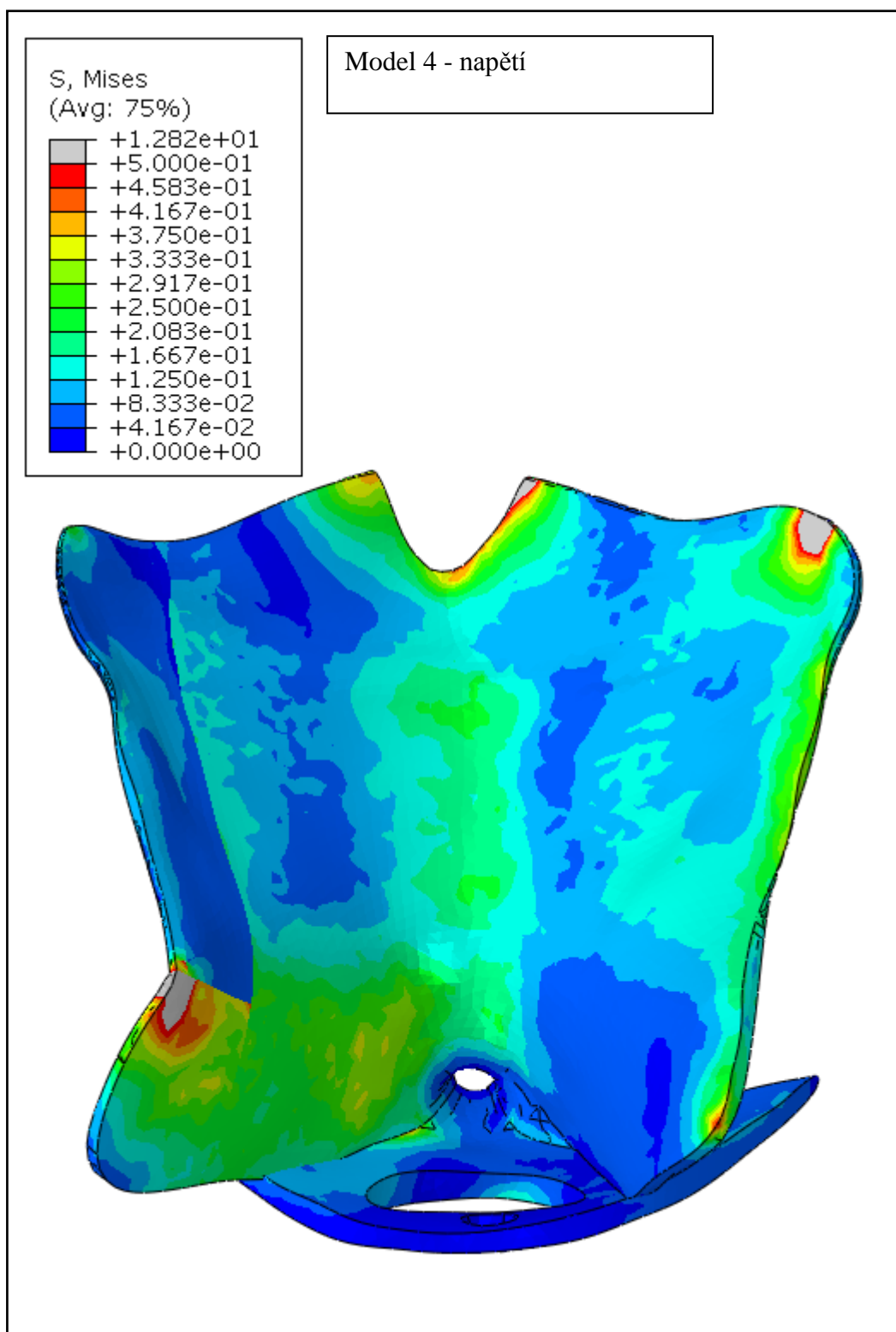
Obrázek č.17: Model posuvu svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka), při aktivaci aktivních elementů 100%. Je zde patrný posuv odtržené části levátoru vlevo (z pohledu diváka) o 13,18 mm.



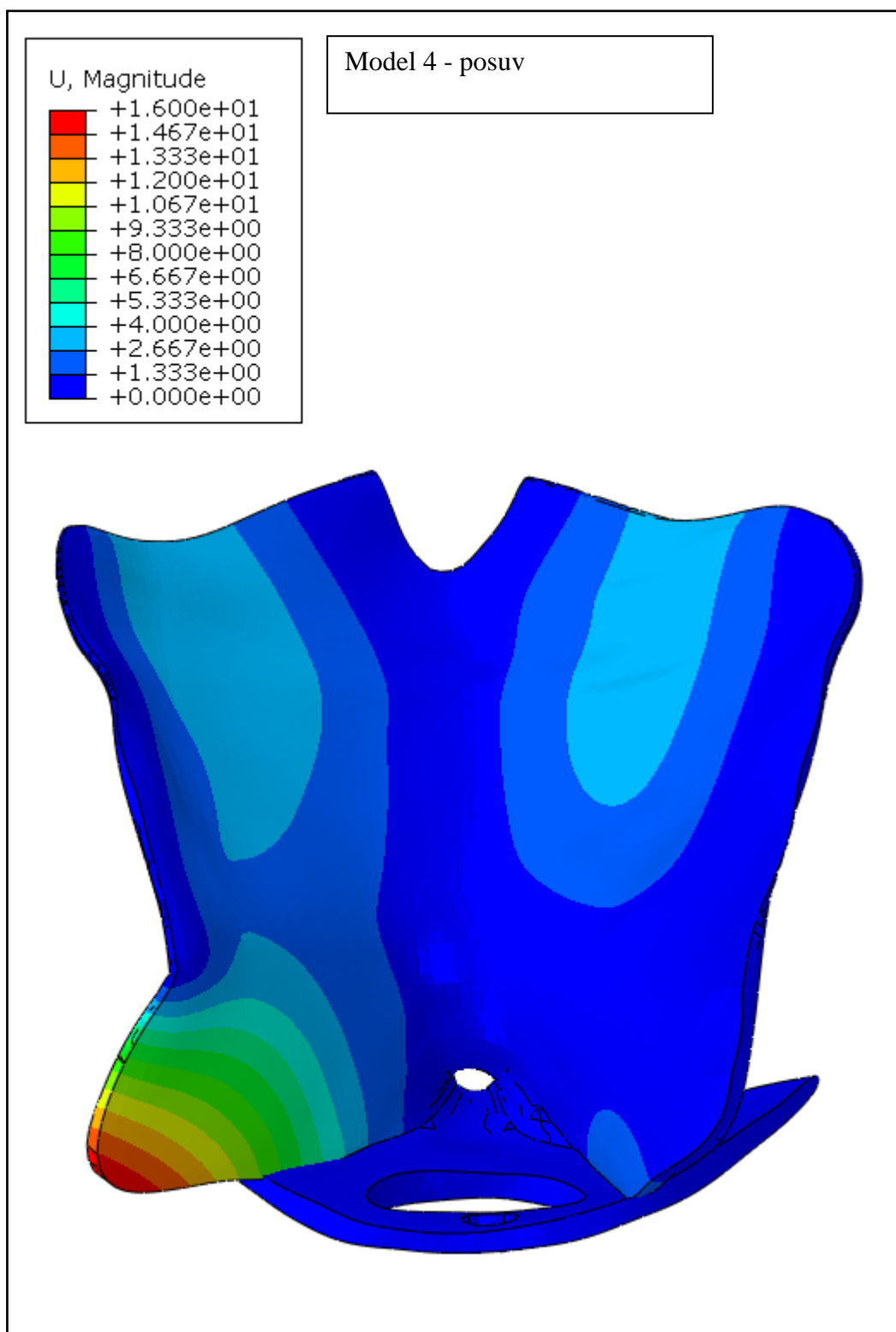
Obrázek č. 18: Model napětí svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka), s aktivací levatoru vlevo 50%. Maximální hodnota napětí je zde 8,96 MPa.



Obrázek č. 19: Model posuvu svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka) s aktivací levatoru vlevo 50%. Posuv nastal v rozsahu 14-15 mm.



Obrázek č. 20: Model napětí svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka) s aktivací aktivních elementů levatoru 10%. Maximální hodnota napětí je 12,8 MPa. Na modelu je patrné, že oblast aktivace (10% aktivace) je jen minimálně zatížena, zatímco okolní části vykazují vzestupnou míru zatížení. Odtržená část levatoru je volně umístěna v prostoru.



Obrázek č. 21: Model posuvu svalového pánevního dna s avulzním poraněním vlevo (z pohledu diváka) s aktivací aktivních elementů levatoru 10%. Maximální hodnota posuvu je 16 mm.

8. Diskuze

Naše pozorování založené na počítačovém modelování biomechanických vlastností svalového pánevního dna prokazuje odlišné vlastnosti musculus levator ani u neporušeného pánevního dna a při avulzním poranění. Biomechanické vlastnosti byly vyjádřeny mírou svalového napětí pánevního dna a jeho posuvem, který byl pozorován vždy ve směru nepostižené části levátoru. Kompenzační aktivace neporušených částí musculus levator ani vede na modelu ke změně biomechanických vlastností pánevního dna. Místa kompenzační aktivace musculus levator ani byla definována na základě anatomických studií avulzního poranění (Dietz P, 2008).

Vzhledem k důkazům o možném příznivém působení fyzioterapeutických metod na funkční poruchy pánevního dna lze předpokládat, že tyto metody ovlivňují míru kompenzační aktivace musculus levator ani a tím modifikují biomechanické vlastnosti pánevního dna a tím i jeho funkční vlastnosti. Pro určitou skupinu žen s funkčními poruchami pánevního dna mohou fyzioterapeutické metody představovat účinnou léčbu. Vzhledem k absenci validních ukazatelů, jež by dokázaly předpovědět výsledky léčby, není zcela jasně skupina definována. Chybí rovněž ohraničení rizikových faktorů (a tedy i rizikových skupin žen), u kterých je možno očekávat rozvoj funkčních poruch pánevního dna, zejména projevy stresové inkontinence moči v budoucnu. Fyzioterapeutické metody lze doporučit každé ženě bez výrazného anatomického defektu v oblasti malé pánve, a to hlavně pro časovou a materiální nenáročnost a absenci komplikací léčby či nežádoucích účinků za předpokladu podmínek správné aplikace těchto metod (Wells TJ, 1990).

Práce založená na počítačovém modelování biomechanických vlastností pánevního dna se snaží přispět k teoretickému základu pro posouzení účelnosti metod fyzioterapie v léčbě funkčních poruch pánevního dna v souvislosti s vaginálním porodem. Metody počítačového modelování biomechanických vlastností pánevního dna jsou v posledním desetiletí používaným nástrojem, umožňujícím pochopit mechanismy dynamických změn pánevního dna v průběhu vaginálního porodu (Li X, 2010), nebo pro pochopení příčin funkčních poruch pánevního dna a zejména jejich souvislost se strukturálními změnami (Hasegawa S, 2011).

Užití počítačového modelu k uchopení problému funkčních poruch pánevního dna a možnosti léčby metodami fyzioterapie nebylo doposud využito.

Přes značnou složitost struktura pánevního dna se chová jako dynamická jednotka, která v intaktním stavu vykazuje specifické biomechanické vlastnosti vyjádřené specifickým rozložením svalového tonu při působení standardního tlaku, který na pánevní dno působí. Různé typy a rozsah strukturálního poškození svalového pánevního dna, tyto biofyzikální vlastnosti mění. Avulzní poranění představující oddělení úponu musculus levator ani od skeletu představuje nevýznamnější typ porodního poranění ve vztahu k funkčnímu stavu pánevního dna (Dietz P, 2006). Námi použitý počítačový model prokázal významné změny biomechanických vlastností pánevního dna při avulzním poranění, které jsou akcentovány s klesající mírou kompenzační aktivace musculus levator ani. Tato skutečnost by mohla ovlivnit klinickou praxi při výběru vhodného terapeutického programu u žen s různými funkčními poruchami pánevního dna. Do péče lékařů a terapeutů se dostávají ženy na základě specifických symptomů poruch pánevního dna. Jedná se především o poruchy kontinence moči a stolice a o sestup pánevních orgánů (Halaška M, 2004; Dietz P, 2008).

I při shodné symptomatologii se setkáváme s různorodým morfologickým nálezem na svalových a fasciálních strukturách pánevního dna. Hlavními defekty musculus levator ani u funkčních poruch pánevního dna jsou: 1) porucha integrity svalu, 2) hypotrofie svalu, 3) dyssynergie svalu. Všechny uvedené mechanismy se mohou podílet na projevech poruchy funkce pánevního dna a projevují se sníženou uzavírací funkcí urogenitálního hiatu. Tento jev je využíván k diagnostice morfologických změn, které funkční poruchy provázejí. Závažnost morfologických změn vždy nekoreluje se závažností funkčních poruch (Dietz P, 2009).

Biomechanický model vlastností pánevního dna dokládá, že odlišné poruchy pánevního dna, vedoucí ke shodnému snížení uzavírací funkce urogenitálního hiatu a ke snížení aktivní podpory ostatním měkkým tkáním pánevního dna, budou spjaty s různými funkčními poruchami. Tomu odpovídá i skutečnost, že výsledky fyzioterapie jsou u různých funkčních poruch pánevního dna různě efektivní (Bo K, 2011).

Z biomechanické analýzy počítačového modelu pánevního dna vyplývá, že nejlepší výsledky lze očekávat u žen, kde není přítomný svalový defekt. Případy s intaktní muskulární komponentou mají předpoklad pomoci fyzioterapie přiblížit se, nebo i

překonat funkční parametry zdravé populace. Fyzioterapeutické metody funkčních poruch pánevního dna lze považovat za kurativní metodu první volby u stavů s intaktním musculus levator ani a vyloučením rozsáhlých fatálních defektů (závažná trhlina viscerální pánevní fascie).

Naproti tomu rozsáhlé svalové defekty musculus levator ani nebudou ani při maximálním hypotetickém efektu fyzioterapie na zbylou svalovinu schopny se přiblížit normální uzavírací a podpůrné funkce zdravého svalu. Zde tedy může fyzioterapie pomoci stav částečně kompenzovat, ale pravděpodobně nikdy nebude samostatnou primární léčebnou metodou.

Lze předpokládat, že bilaterální svalové defekty budou ještě závažnější v projevech funkčních poruch pánevního dna, jejich modelování však nebylo součástí biomechanické analýzy.

Teoretické výsledky biomechanické analýzy funkčních poruch pánevního dna lze v praxi aplikovat jako doporučení přísného klinického posouzení vstupních podmínek, které jsou nutným předpokladem úspěšnosti individuálního léčebného postupu. Současná klinická medicína doposud nemá v oblasti funkčních poruch pánevního dna k dispozici závazné diagnosticko-terapeutické postupy. Nelze s jistotou říci, že u konkrétní pacientky fyzioterapie nemá žádný smysl. I při stavech, kdy je přítomna kombinace defektů a hlavní problém spočívá v trhlínách pasivních struktur (fascie), může revitalizace zbylých aktivních elementů přinést úlevu. Je však třeba takto realisticky k těmto případům přistupovat a nebýt zklamán, pokud není žena zcela vyléčena. Tento fakt ještě zdůrazňuje známou pravdu, že léčba pánevního dna vyžaduje mezioborový přístup a dobrá komunikace příslušných odborníků je nadmíru důležitá. Při realizaci experimentu jsme si byli vědomi omezení počítačového modelování poruch pánevního dna. V naší práci jsme pracovali v podmínkách působení tlaku osoby s definovanou hmotností na pánevní dno v klidových podmínkách. Nebyla simulována situace zvýšení nitrobřišního tlaku (např. Valsalvově pokusu). Lze předpokládat různé chování svalového napětí a posuvu struktur levátoru při různém stupni působícího tlaku. Ke komplexnímu pochopení problematiky bude třeba v budoucnu zohlednit i složitou strukturu musculus levator ani a různého směru probíhajících svalových vláken a jejich diferencovaný vztah ke kostěnné pánvi.

9. Závěr

Existují defekty svaloviny pánevního dna, které jsou léčitelné výhradně pomocí fyzioterapie.

Existují defekty svaloviny pánevního dna, kdy ani intenzivní fyzioterapie nemůže obnovit ztracenou funkci.

Rozlišení těchto dvou skupin může uchránit část žen od invazivních chirurgických výkonů. Na druhé straně toto rozlišení může ušetřit části žen časově náročnou konzervativní léčbu s malým očekávaným přínosem.

Pokud tyto dvě skupiny nerozlišujeme, snižujeme úspěšnost fyzioterapie jako celku. Tato čísla pak budí obecnou nedůvěru a jako následek je stav, kdy tato léčba není indikována ani u žen, kdy lze očekávat vynikající úspěšnost.

Cílená fyzioterapie jednotlivých stavů musí být nadále zkoumána a je potřeba kvalitních studií k tomu, abychom se mohli zodpovědně vyjádřit ke skutečným možnostem léčby.

Mezioborová dlouhodobá spolupráce je nezbytnou podmínkou ke zlepšení teoretických i praktických vědomostí.

10. Literatura

1. Allen RE, Hosker GL, Smith ARB, Warrell DW. Pelvic floor damage and childbirth: a neurophysiological study. *Br J Obstet Gynaecol* 1990; 97:770–779.
2. Benvenuti F, Caputo GM, Bandirelli S, et al. Reeducative treatment of female genuine stress incontinence. *Am J Phys Med*, 1987; 66, 4, p. 155-168.
3. Berglas B, Rubin IC. Histologic study of the pelvic connective tissue. *Surg Gynecol Obstet* 1953; 97(3): 277-89.
4. Bo K, Talseth T. Long term effect of pelvic floor muscle exercise five years after cessation of organized training. *Obstet Gynecol*, 1996; 87, 2, p. 261-265.
5. Bo K, Talseth T. Change in urethral pressure during voluntary pelvic floor muscle contraction and vaginal electrical stimulation. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*, 1997; 8, 1, p. 3-6, discussion 6-7.
6. Bo K, Talseth T, Holme I. Single blind randomised controlled trial of pelvic floor exercises, electrical stimulation, vaginal cones and no treatment in management of genuine stress incontinence in women. *Br Med J*, 1999; 318, 7182, p. 487-493.
7. Bo K. Pelvic floor muscle exercise. In Corcos, J., Schick, E. (Eds), *The urinary sphincter*. New York : Marcel Dekker, 2001.
8. Bo K. Pelvic floor muscle training in treatment of female stress urinary incontinence, pelvic organ prolapse and sexual dysfunction. *World J Urol*. 2011 Oct 9. [Epub ahead of print]
9. Braekken IH, Majida M, Ellstrom-Eng M, Dietz HP, Umek W, Bo K. Test-retest and intra-observer repeatability of two-, three- and four-dimensional perineal ultrasound of pelvic floor muscle anatomy and function. *Int Urogynecol J Pelvis Floor Dysfunct* 2008; 19: 227-235.
10. Bump RC, Hurt WG, Fantl JA, et al. Assessment of Kegel pelvic muscle exercise performance after brief verbal instruction. *Am J Obstet Gynecol*, 1991; 165, 2, p. 322-327, discussion 327-329.
11. Cardozo L. *Urogynecology: the king's approach*. New York: Curchill Livingstone, 1997.
12. Cassadó Garriga J, Pessarrodona Isern A, España Pons M, Duran Retamal M, Felgueroso Fabrega A, Rodriguez Carballeira M, Jordà Santamaria I. Four-dimensional sonographic evaluation of avulsion of the levator ani according to delivery mode. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2011 Dec;38(6):701-6.

13. Constantini S, Nadalini C, Esposito F, Valenzano MM, Risso D, Lantieri P, Mistrangelo E. Perineal ultrasound evaluation of the urethrovesical junction angle and urethral mobility in nulliparous women and women following vaginal delivery. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 2005; 16: 455–459.
14. Curtis AH, Anson BJ, McVay CB. The anatomy of the pelvic and urogenital diaphragms, in relation to urethrocele and cystocele. *Surg Gynecol Obstet* 1939; 68: 161-6.
15. Čihák R. Anatomie 1. 2., upravené a doplněné vydání. U Průhonu 22, Praha 7: Grada Publishing. a.s., s. 370. ISBN 80-7169-970-5.
16. Dalley AF, 2nd. The riddle of the sphincters. The morphophysiology of the anorectal mechanism reviewed. *Am Surg* 1987; 53(5): 298-306.
17. Dannecker C, Anthuber C. The effects of childbirth on the pelvic-floor. *J. Perinat Med* 2000; 28: 175-184.
18. DeLancey JO. Correlative study of paraurethral anatomy. *Obstet Gynecol* 1986; 68(1): 91-7.
19. DeLancey JO. Anatomy and embryology of the lower urinary tract. *Obstet Gynecol Clin North Am* 1989; 16(4): 717-31.
20. DeLancey JO, Starr RA. Histology of the connection between the vagina and levator ani muscles. Implications for urinary tract function. *J Reprod Med* 1990; 35(8): 765-71.
21. DeLancey JO. Anatomic aspects of vaginal eversion after hysterectomy. *Am J Obstet Gynecol* 1992; 166(6 Pt 1): 1717-24; discussion 1724-8.
22. DeLancey JO. Childbirth, continence, and the pelvic floor. *N Engl J Med* 1993; 329(26): 1956-7.
23. DeLancey J. Anatomy. In *Textbook of Female Urology and Urogynecology*, Cardozo L, Staskin D (eds.). Isis Medical Media: London, UK, 2001; 112-124.
24. DeLancey JO, Kearney R, Chou Q, Speights S, Binno S. The appearance of levator ani muscle abnormalities in magnetic resonance images after vaginal delivery. *Obstet Gynecol* 2003; 101: 46-53.
25. DeLancey JO, Morgan DM, Fenner DE, Kearney R, Guire K, Miller JM, et al. Comparison of levator ani muscle defects and function in women with and without pelvic organ prolapse. *Obstet Gynecol* 2007; 109: 295-302.
26. Dickinson RL. Studies of the levator ani muscle. *Am J Dis Women* 1889; 22: 897-917.

27. Dietz HP, Shek C, Clarke B. Biometry of the pubovisceral muscle and levator hiatus by three-dimensional ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2005; 25: 580-585.
28. Dietz HP, Lanzarone V. Levator trauma after vaginal delivery. *Obstet Gynecol* 2005; 106(4): 707-12.
29. Dietz HP, Schielitz L. Pelvic floor trauma in childbirth – myth or reality? *Aust N Z J Obstet Gynaecol* 2005; 45(1): 3-11.
30. Dietz HP. Pelvic floor trauma following vaginal delivery. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2006; 18(5): 528-37.
31. Dietz H, Steensma A. The prevalence of major abnormalities of the levator ani in urogynaecological patients. *BJOG* 2006; 113: 225-230.
32. Dietz HP. Levator trauma in labor: a challenge for obstetricians, surgeons and sonologists. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007; 29(4): 368-71.
33. Dietz HP, Shek C. Levator avulsion and grading of pelvic floor muscle strength. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* 2008;19(5):633-6.
34. Dietz HP, Simpson JM. Levator trauma is associated with pelvic organ prolapse. *BJOG.* 2008 Jul;115(8):979-84.
35. Dietz HP, Kirby A, Shek KL, Bedwell PJ. Does avulsion of the puborectalis muscle affect bladder function? *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct.* 2009 Aug;20(8):967-72.
36. Dimpfl Th, Jaeger Ch, Mueller-Felber W, Anthuber C, Hirsch A, Brandmaier R et al. Myogenic changes of the levator ani muscle in premenopausal women: the impact of vaginal delivery and age. *Neurol Urodyn*, 1998; 17:197-205.
37. Federative Committee on Anatomical Terminology (FCAT). *Terminologia Anatomica*. New York: Thieme Stuttgart, 1998.
38. Fischer, W. Physiotherapeutic aspects of urine incontinence. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 1983; 62, 6, p. 579-583.
39. Fothergill WE. The supports of the pelvic viscera: a review of some recent contributions to pelvic anatomy, with a clinical introduction. *Int J Obstet Gynecol* 1908; 13: 18-28.
40. Francis, WJA. Disturbances of bladder function in relation to pregnancy. *J Obstet Gynecol Br Emp*, 1960; 67, p. 353-366.
41. Gregory WT, Nygaard I. Childbirth and pelvic floor disorders. *Clin Obstet Gynecol* 2004; 47:394-403.

42. Griffiths DJ, Versi E. Urethral function. *Curr Opin Obstet Gynecol* 1996; 8(5): 372-5.
43. Halaška M. *Urogynekologie*. 2004. vyd. Na Bělidle 34, 150 00 Praha 5: Galén, 2004; ISBN 80-7262-272-2.
44. Halban J, Tandler J. *Anatomie und Atiologie der Genitalprolapse beim Weibe*. Wien und Leipzig: Wilhelm Braunmuller, 1907.
45. Handa VL, Harris TA, Ostergard MD. Protecting the pelvic floor: obstetric management to prevent incontinence and pelvic organ prolapse. *Obstet Gynecol* 1996; 88:470–478.
46. Hasegawa S, Yoshida Y, Wei D, Omata S, Constantinou CE. Simulation of vaginal wall biomechanical properties from pelvic floor closure forces map. *Stud Health Technol Inform*. 2011;163:218-23.
47. Henalla, SM., Hutchins, CJ., Robinson, P., et al. Non-operative methods in the treatment of female genuine stress incontinence of urine. *J Obstet Gynaecol*, 1989; 9, p. 222.
48. Holl M. Die Muskeln im Beckenausgange des Menschen. *Ergeb Anat Entwicklunsgesch* 1901; (11): 1115-73.
49. Hoyte L, Scherlitz L, Zou K, Flesh G, Fielding JR. Two- and 3-dimesional MRI comparison of levator ani structure, volume, and integrity in women in stress incontinence and prolapse. *Am J Obstet Gynecol* 2001; 185: 11-19.
50. Huisman AB. Aspects on the anatomy of the female urethra with special relation to urianry continence. *Contrib Gynecol Obstet* 1983; 10: 1-31.
51. Kearney R, Miller JM, Ashton-Miller JA, DeLancey JO. Obstetric factors associated with levator ani muscle injury after vaginal birth. *Obstet Gynecol* 2006; 107(1): 144-9.
52. Kegel, A. Progressive resistance exercise in the functional restoration of the perineal muscle. *AJG*, 1948; 56, p. 238.
53. Kenton K, Mueller ER. The global burden of female pelvic floor disorders. *Br J Urol* 2006; 98:1-5.
54. Krofta L, Otčenášek M, Kašíková E, Feyereisl J. Pubococcygeus-puborectalis trauma after forceps delivery: evaluation of the levator ani muscle with 3D/4D ultrasound. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*. 2009 Oct;20(10):1175-81.

55. Kruger JA, Heap SW, Murphy BA, Dietz HP. Pelvic floor function in nulliparous women using three-dimensional ultrasound and magnetic resonance imaging. *Obstet Gynecol* 2008; 111: 631-638.
56. Kujansuu, E. The effect of pelvic muscle exercises on urethral function in female stress urinary incontinence: an urodynamic study. *Ann Chir Gynaecol*, 1983; 72, 1, p. 28-32.
57. Lawson JO. Pelvic anatomy. I. Pelvic floor muscles. *Ann R Coll Surg Engl* 1974; 54(5): 244-52.
58. Levy E. Anorectal musculature. *Am. J. Surg.* 1936; 34: 141-198.
59. Lien KC, Mooney B, DeLancey JO, Ashton-Miller JA. Levator ani muscle stretch induced by simulated vaginal birth. *Obstet Gynecol* 2004; 103: 31-40.
60. Li X, Kruger JA, Nash MP, Nielsen PM. Effects of nonlinear muscle elasticity on pelvic floor mechanics during vaginal childbirth. *J Biomech Eng.* 2010;132(11):111010.
61. MacArthur C, Bick D, Keighley MRB. Faecal incontinence after childbirth. *Br J Obstet Gynaecol* 1997; 104:46-50.
62. MacLennan AH, Taylor AW, Wilson DH, Wilson D. The prevalence of pelvic floor disorders and their relationship to gender, age, parity and mode of delivery. *BJOG* 2000; 107: 1460-1470.
63. Meyer S, Schreyer A, De Grandi P, Hohlfeld P. The effects of birth on urinary incontinence mechanism and other pelvic-floor characteristics. *Obstet Gynecol* 1998; 92: 613-618.
64. Morkved S, Bo K. Effect of postpartum pelvic floor muscle training in prevention and treatment of urinary incontinence – a one year follow up. *Br J Obstet Gynaecol*, 2000; 107, 8, p. 1022-1028.
65. Mouritsen L. Techniques for imaging bladder support. *Acta Obstet Gynecol Scand Suppl* 1997; 166: 48-9.
66. Nichols DH, Randal CL. Posterior colporrhaphy and ierineorrhaphy. In *Vaginal Surgery*, Nichols DH, Randal CL. (eds.). Williams and Wilkins: Philadelphia, PA, 1996; 257-289.
67. Oelrich TM. The striated urogenital sphincter muscle in the female. *Anat Rec* 1983; 205(2): 223-32.

68. Olsen AL, Smith VJ, Bergstrom JO, Colling JC, Clark AL. Epidemiology of surgically managed pelvic organ prolapse and urinary incontinence. *Obstet Gynecol* 1997; 89:501-506.
69. Otčenášek M, Krofta L, Báča V, Grill R, Kučera E, Heřman H, Vašíčka I, Drahoňovský J, Feyereisl J. Bilateral avulsion of the puborectal muscle: magnetic resonance imaging-based three-dimensional reconstruction and comparison with a model of a healthy nulliparous woman. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2007 Jun;29(6):692-6.
70. Otčenášek M, Báča V, Krofta L, Feyereisl J. Endopelvic fascia in women: shape and relation to parietal pelvic structures. *Obstet Gynecol*. 2008 Mar;111(3):622-30.
71. Otčenášek M, 2009, 2011. Soukromý archiv.
72. Peschers U, Schaer G, Anthuber C, Delancey JO, Schuessler B. Changes in vesical neck mobility following vaginal delivery. *Obstet Gynecol* 1996; 88: 1001-1006.
73. Pollock M, Gaesser G, Butcher J, et al. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility and healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 1998; 30, 6,p. 975-991.
74. Rortveit G, Hannestad Y, Daltveit AK, Hunskaar S. Age-and type-dependent effects of parity on urinary incontinence. The Norwegian EPINCONT study. *Obstet Gynecol* 2001; 98:1004-1010.
75. Rortveit G, Daltveit AK, Hannestad YS, Hunskaar S. Urinary incontinence after vaginal delivery or cesarean section. *N Engl J Med* 2003; 348: 900-907.
76. Rortveit G, Brown JS, Thom H, Van Den Eeden SK, Creasman JM, Subak LL. Symptomatic pelvic organ prolapse: prevalence and risk factors in a population-based, racially diverse cohort. *Obstet Gynecol* 2007; 109: 1396-1403.
77. Shafik A. Mew concept of the anatomy of the anal sphincter mechanism and the physiology of defecation. II. Anatomy of the levator ani muscle with special reference to puborectalis. *Invest Urol* 1975; 13(3): 175-82.
78. Shek KL, Dietz HP. The effect of childbirth on hiatal dimensions. *Obstet Gynecol*. 2009;113(6):1272-8.
79. Shek KL, Dietz HP. Intrapartum risk factors for levator trauma. *BJOG*. 2010 Nov;117(12):1485-92.

80. Smith GE. Studies in the anatomy of the pelvis, with special reference to the fasciae and visceral supports. *J Anat Physiol* 1908; 12: 198-218.
81. Snooks SJ, Swash M, Setchell M, Henry MM. Injury to the innervation of pelvic floor sphincter musculature in childbirth. *Lancet* 1984; 2:546–550.
82. Standring S. *Gray's Anatomy*. 39 ed. Edinburg: Elsevier, Churchill Livingstone, 2005; 1627.
83. Strohbehn K, Ellis JH, Strohbehn JA, DeLancey JO. Magnetic resonance imaging of the levator ani with anatomic correlation. *Obstet Gynecol* 1996; 87: 277-285.
84. Sultan AH, Kamm MA, Hudson C, et al. Anal sphincter disruption during vaginal delivery. *N Engl J Med* 1993; 329:1905-1911.
85. Thompson P. On the arrangement of the fasciae of the pelvis and their relationship to the levator ani. *J Anat Physiol* 1901; 35: 127-50.
86. Tunn R, Paris S, Fischer W, Hamm B, Kuchinke J. Static magnetic resonance imaging of the pelvic floor muscle morphology in women with stress urinary incontinence and pelvic prolapse. *Neurourol Urodyn* 1998; 17: 579-589.
87. Tunn R, DeLancey JO, Howard D, Thorp JM, Ashton-Miller JA, Quint LE. MR imaging of levator ani muscle recovery following vaginal delivery. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct* 1999; 10: 300-307.
88. Tunn R, Petri E. Introital and transvaginal ultrasound as the main tool in the assessment of urogenital and pelvic floor dysfunction: an imaging panel and practical approach. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2003; 22: 205–213.
89. Ulmsten U, Ekman G, Giertz, Malmstrom A. Different biochemical composition of connective tissue in continent and stress incontinent women. *Acta Obstet Gynecol Scand* 1987; 66:455-457.
90. Vesalius A (1543) *De recti intestini musculis*. Caput LI. *De Humani corporis Fabrica*.
91. Viktrup L, Lose G, Rolff M, Barfoed K. The symptom of stress incontinence caused by pregnancy or delivery in primiparas. *Obstet Gynecol* 1992; 79:945-949.
92. Viktrup L, Lose G, Rolff M, et al. The symptom of stress incontinence caused by pregnancy or delivery in primiparas. *Obstet Gynecol*, 1992; 79, 6, p. 945 – 949.

93. Viktrup L, Lose G. The risk of stress incontinence 5 years after first delivery. *Am J Obstet Gynecol* 2001; 185:52-87.
94. Viktrup L, Rortveit G, Lose G. Risk of stress urinary incontinence twelve years after the first pregnancy and delivery. *Obstet Gynecol* 2006; 108: 248-254.
95. Weigner K. Topografická anatomie se zřetelem k studiu anatomie a k potřebám klinickým: Topografická anatomie břicha. Vesmír, 1934.
96. Wells TJ. Pelvis (Floor. Muscle Exercise). *J AM Ger SOC*, 1990; 38, p. 333.